# NeuroScienze.net

Rivista di Neuroscienze, Psicologia e Scienze Cognitive

http://genistein.files.wordpress.com/2009/03/brain.jpg

[ www.neuroscienze.net ]

# LA VISIONE: IPOTESI E RECENTI SCOPERTE

***Giuseppe Costantino Budetta***

**Keywords**: Visione, pulvinar, corteccia visiva, talamo visivo, schizofrenia

**Permalink**: http://www.neuroscienze.net/?p=1143

Premessa

Ciò che la mente conosce proviene dal cervello, non esistendo un approccio diretto col mondo esterno. La *visione* è il processo che parte dalle immagini retiniche bidimensionali, coinvolge il nervo ottico ed il collicolo superiore, raggiungendo la corteccia cerebrale. Ci fa scoprire quali cose siano presenti nel mondo esterno e dove si trovino. Identificare l'oggetto che stiamo osservando e collocarlo in uno specifico contesto spaziale sono funzioni distinte, espletate in due vie anatomiche, indipendenti l'una dall'altra. Il sistema parvocellulare - interblob convoglia le informazioni relative alle forme e il parvocellulare-blob quelle relative ai colori. Le due vie terminano nella corteccia inferotemporale, l'area preposta al riconoscimento delle forme. Invece, la localizzazione degli oggetti nello spazio è propria del sistema magnocellulare che termina nella corteccia parietale posteriore, area specifica per quest'attività. L'analisi visiva comporta l'attivazione di diverse vie che sono in parallelo. In passato, si riteneva che fossero in successione come stazioni in serie e che l'integrazione delle informazioni avvenisse in modo progressivo: man mano che erano elaborate, passavano da una stazione alla successiva. Nel sistema di vie in parallelo ognuna con una propria funzione, l'integrazione è interattiva: ogni elemento visivo è trattato da più di una via. In tale processo, sono importanti anche le afferenze alle aree visive provenienti dai centri cerebrali, in grado d'influenzare il grado di attenzione come la corteccia prefrontale, il claustro ed il pulvinar. Questi sistemi permetterebbero ai meccanismi dell'attenzione il collegamento tra le diverse elaborazioni visive. La via magnocellulare connessa all'analisi del movimento e delle relazioni spaziali tra diversi oggetti è essenziale anche per il controllo del movimento. Spostarsi nel mondo esterno richiede una complessa analisi degli stimoli visivi, accompagnata dal riconoscimento delle diverse figure di sfondo e dalla valutazione delle distanze.

Il collicolo superiore ed il nucleo genicolato laterale non sono stazioni passive, ma hanno il compito di elaborare e raffinare ulteriormente l'informazione retinica. Il collicolo superiore è coinvolto nella localizzazione degli oggetti e nel controllo dei muscoli oculo - estrinseci che presiedono ai movimenti oculari. Il nucleo genicolato laterale è responsabile tra l'altro, di una prima analisi del colore e del contrasto tonale.

La corteccia visiva primaria ha due funzioni fondamentali. La prima è di combinare tra loro le informazioni provenienti dai due occhi. La seconda è di estrapolare informazioni semplici saldamente strutturate allo stimolo nervoso afferente come la direzionalità ed il grado di spostamento. Le cellule della corteccia visiva primaria sono ordinate in colonne. All'interno di una colonna, i neuroni hanno specializzazione spazio-temporale omologa e colonne specializzate in analoghe orientazioni sono contigue. Per esempio, la colonna specializzata nell'orientazione spaziale di dieci gradi è adiacente a quella dei venti gradi e questa a quella dei trenta. Colore, profondità e movimento sarebbero elaborati dalla corteccia visiva primaria in aree diverse.

Finalità della ricerca.

La prima parte del presente studio descrive le vie visive dal punto di vista, anatomico e fisiologico. Riporta dati comparativi sull'estensione e diversità di queste vie, in particolare nel Delfino, Scimpanzè e in alcuni tipi di roditori. La seconda parte contiene ipotesi, teoremi e formule derivanti dalle ricerche di noti scienziati delle neuro-scienze, oltre a brevi considerazioni personali sugli aspetti fisio - patologici dell'elaborazione visiva. La ricerca è suddivisa in venti paragrafi, approfondendo aspetti sulla visione stereoscopica, sulla rifrazione luminosa e sulle funzioni specifiche dei vari segmenti ottici. Nell'ultima parte, ho riportato le più recenti scoperte sull'anomalo rapporto mente/cervello in correlazione alla patologia schizofrenica.

La retina umana trasmette al cervello una quantità di dati pari a dieci milioni di bit al secondo, ricevendo dal mondo esterno stimoli quasi sempre di natura luminosa che si originano coi fenomeni della rifrazione, diffusione, assorbimento e riflessione. In poche frazioni di secondi, il sistema visivo elabora una gran massa di dati e ricompone immagini fedeli a quelle del mondo esterno. Mi sono sforzato di chiarire e rettificare alcuni concetti dell'elaborazione visiva, collegati alle tre similitudini: geometrica, cinematica e dinamica. Ho riportato altresì i dati delle più recenti ricerche scientifiche sul tema della visione binoculare, affrontando ed approfondendo alcuni punti controversi sulla elaborazione visiva a livello corticale dove le immagini diventano coscienti. Secondo alcuni teorici, la chiave per comprendere la natura di questi fenomeni sarebbe nei circuiti rientranti del cervello: attività neurale che ritorna su se stessa in modo da creare una forma di autosomiglianza e di autorisonanza. Questo perché le risposte sensoriali ridondanti (come quelle generate dagli stimoli visivi) finiscono con l'essere privatizzate: le *sensoriali* visive lo sarebbero a partire dal nucleo genicolato laterale. I segnali sono cortocircuitati prima di raggiungere la superficie corporea, per cui, invece di avviarsi per il luogo periferico della stimolazione vanno verso punti centrali, lungo i percorsi sensoriali d'imput fino a che l'intero processo rimane escluso dal mondo esterno, in un circuito interno al cervello. Si crea un circolo di retroazione che comporta l'emergere del tempo psichico e l'astrazione in pura visione dell'oggetto osservato. L'elaborazione d'immagini visive a livello corticale superiore implica la compartecipazione della coscienza fenomenica, creando sia un valore, sia un tempo psichico, cioè un particolare stato di coscienza. E' in questo momento che i fenomeni cerebrali portano alla consapevolezza visiva. L'osservazione di un oggetto comporta la sua ricreazione non materiale e la sua trasformazione in immagine tramite il processo psichico detto *simulazione*. Il processo psichico della

simulazione ha in sé le tre similitudini fisiche: geometrica, cinematica e dinamica ed è ipotizzabile che alcuni sui aspetti siano contemplati dal teorema di Buckingham. Il fenomeno della *fusione sensoriale* e della *fusione motoria delle immagini* fanno parte di questo processo psichico.

Il meccanismo legato alla visione dei colori e della loro discriminazione avverrebbe anch'esso secondo criteri basati sulle tre similitudini fisiche. Insiemi di stimoli nervosi a partire dalla retina sarebbero messi in comparazione con altri omologhi, estrapolando differenze spazio-temporali, d'intensità dello stimolo, durata e tipo di mediatore chimico. Questo tipo di estrapolazione avverrebbe in specifiche aree neuronali corticali conformemente alle similitudini geometrica, cinematica e dinamica.

**1** - Il meccanismo della visione ed il mondo fisico. Gli oggetti dell'esperienza visiva sono relativi a specifiche funzioni cerebrali legate al meccanismo della visione e della consapevolezza. La realtà che osserviamo è una ricostruzione mentale fatta d'immagini. Ciò che vediamo non coincide esattamente col mondo fisico perché la parola *fisica* significa che il mondo obbedisce alle leggi della fisica. Invece, non è chiaro quale sia l'esatto dominio della fisica sulla realtà oggettiva. Non è chiaro quale ruolo abbiano le cosiddette *variabili nascoste* che sottendono il mondo microscopico e che potrebbero rientrare in alcuni stadi del meccanismo della visione e della consapevolezza visiva. Heisenberg W. (1958), introdusse il concetto aristotelico di *potentia* per indicare eventi con caratteri probatistici, in contrasto con la realtà attuale. Per Heisemberg W., il termine *attuale* non è attribuibile alla realtà assoluta, ma è relativo e riferibile a tutte le condizioni che rendono possibile l'esperienza umana. Le *potentia* sarebbero parte integrante del mondo (ne fanno sentire gli effetti e lo influenzano), pur non essendo classificabili tra le entità che lo compongono a pieno titolo.

**2** - Alcuni concetti sulla luce.

1. Nei mezzi omogenei ed isotopi, la luce emessa dai corpi luminosi si propaga in linea retta con la velocità di cerca 3 • (10)8 • m/s.

2. La luce incidente su un oggetto è in parte riflessa, in parte trasmessa ed in parte assorbita.

3. La rifrazione della luce è accompagnata dal fenomeno della dispersione cromatica.

4. Il funzionamento delle lenti è basato sul fenomeno fisico della rifrazione. Le lenti possono essere convergenti, o divergenti. Il funzionamento di entrambi i tipi di lente è dato dalla

relazione: **1/p + 1/q = 1/f**, dove p è la distanza tra l'oggetto e la lente, q è la distanza tra la lente e l'immagine dell'oggetto ed f è la distanza focale della lente.

5. La luce ha duplice natura: ondulatoria e corpuscolare, in contemporanea. Ha l'uno o l'altro comportamento (ondulatorio o corpuscolare), a seconda dei fenomeni in cui è coinvolta.

E' stato visto che bastano alcuni punti luminosi posti sul corpo di una persona che si muove nel buio per capire se si tratti di un essere umano. Da quei pochi punti luminosi messi in movimento, è possibile dedurre se ha intenzioni pacifiche, o minacciose.

**3** – Corteccia cerebrale. Aspetti comparativi. Gli esseri umani possono avere sui 100 bilioni di neuroni, comparati ai 6.4 bilioni delle scimmie macaco: Iming T.G. and Brugge T.F , (1978). Al contrario, nei roditori e specie similari di mammiferi, la media del volume cerebrale e densità neuronale sono rimaste piuttosto costanti rispetto al grande incremento volumetrico dei primati. Quindi, il cervello umano ha ampio volume ed anche un elevato numero di neuroni, rapportato ad un ipotetico roditore che avesse sviluppato un altrettanto voluminoso cervello. Nel cervello umano, l'elevata densità neuronale permise ottimali interconnessioni, brevi e locali con la conseguente riduzione di quelle lunghe. Il cervello divenne più modulare; le vaste aree primarie cessarono di ampliarsi e si distinsero piccole zone corticali che secondo alcuni assommerebbero intorno alle duecento. Ci fu forse la stabilizzazione delle aree corticali più vaste, ognuna delle quali cominciò ad includere specifiche funzioni, mediate al massimo grado. Il risultato sarebbe stato che piccole aree - interconnesse in modo ottimale – sarebbero le migliori nelle funzioni di comparazione globale; le ampie aree sensoriali sarebbero invece ottimali per le comparazioni dei dettagli locali. Hart, B.L. et all., (2008) descrivono la cito architettura neuronale corticale nell'Elefante, nelle grandi scimmie e nell'Uomo e affermano che la densità cellulare in queste aree cerebrali è molto maggiore nell'Uomo, rispetto alle scimmie e all'Elefante. I primati – Uomo compreso – hanno maggiore densità neuronale, mentre l'Elefante sebbene abbia un cervello molto pesante, ha una densità neuronale molto bassa. Nell'Uomo, le interazioni tra neuroni corticali sembrano essere più estese e determinate aree hanno una maggiore densità cellulare. Inoltre, l'elaborazione delle informazioni a livello corticale sembra procedere più lentamente nel cervello di Elefante, rispetto ai Primati. Specialità accentuate nell'Uomo. Nei cervelli con superiori prestazioni, la capacità di elaborare informazioni dipende dal numero dei neuroni, dalla loro disposizione spaziale, dalle prestazioni e tipo d'interconnessione, oltre che dalla distanza tra neuroni interagenti. In linea generale, un cervello con minore connettività corticale ha lenti processi di elaborazione delle informazioni.

**4** – Anatomia e fisiologia delle vie visive. Circa la metà della massa del corpo genicolato laterale e della corteccia visiva primaria rappresenta la fovea e le circostanti parti. La periferia della retina, pur essendo molto estesa, ha minore rappresentazione. La sproporzione di questo tipo d'innervazione è collegata alla forma geometrica dell'occhio, un bulbo sferico che ruota in un involucro cavo. La foma sferica del globo oculare fa sì che il tappeto retinico abbia un'area ristretta al centro e maggiore espansione in periferia. Per supplire a questa limitazione geometrica, la densità delle cellule gangliari aumenta nella fovea e zone circostanti. La limitazione geometrica non esiste in altre aree visive come

nel corpo genicolato laterale e nella corteccia visiva primaria dove la densità neuronale è uniforme. Le numerose proiezioni della fovea occuperanno un'area molto più estesa. Il rapporto tra area del corpo genicolato laterale (e della corteccia visiva primaria) e l'area retinica è indicato come fattore di amplificazione.

Nei primati, il corpo genicolato laterale comprende sei strati di cellule nervose separati da fasci di fibre e dendriti. In senso ventro dorsale, i sei strati sono indicati con numeri progressivi dall'uno al sei. I due più ventrali del corpo genicolato laterale sono fatti da cellule grandi e definiti come strati magnocellulari. Le loro principali afferenze provengono dalle cellule gangliari retiniche P**α**, note anche come cellule M dalla denominazione degli strati in cui terminano. I quattro più dorsali sono strati parvocellulari, ricevono afferenze dalle cellule gangliari retiniche P**β**, note anche come cellule P. Ogni strato del nucleo genicolato laterale ha afferenze da un solo occhio: le fibre dell'emiretina nasale controlaterale hanno contatti con gli strati 1, 4, 6; quelli dell'emiretina temporale ipsilaterale terminano negli strati 2, 3, e 5. Ogni strato ha una rappresentazione dell'emicampo visivo controlaterale. I diversi campi del N.G.L. sono disposti uno sull'altro e le sei mappe dell'emicampo controlaterale sono ben allineate, l'una rispetto all'altra. Gli strati del C.G.L. con afferenze dall'emiretina nasale dell'occhio controlaterale hanno la rappresentazione completa dell'emicampo visivo controlaterale. Gli strati che ricevono le afferenze della emiretina temporale dell'occhio ipsilaterale contengono solo la rappresentazione del 90% dell'emicampo visivo perché non ricevono afferenze dalla semiluna temporale. Le cellule gangliari della retina hanno campi recettivi concentrici, organizzati in base ad un antagonismo tra centro e periferia. Ciò permette la misurazione della differente intensità luminosa tra il centro del loro campo recettivo e la periferia dello stesso campo. Analogamente a quelli delle cellule gangliari retiniche, i campi recettivi del nucleo genicolato laterale sono costituiti da zone concentriche. Come quelle retiniche, queste cellule possono essere di tipo centro-on, o centro-off. L'illuminazione diffusa di tutto il campo recettivo evoca solo risposte di lieve entità. I neuroni del N.G.L. ricevono la maggior parte delle afferenze retiniche solo da poche cellule gangliari ed attuano trasformazioni molto limitate dell'informazione ricevuta. Come nella retina, anche nel corpo genicolato laterale, le vie centro-on e centro-off sono indipendenti e ciascuna è ulteriormente suddivisa in vie, o canali M (che hanno importanza nell'analisi iniziale del movimento delle immagini visive), oppure P ( analizzano i fini particolari delle immagini; sono relazionate alla visione dei colori). A differenza della retina, le afferenze delle cellule M e P sono anatomicamente separate in strati cellulari diversi. Queste due vie sono articolate in sottogruppi centro-on e centro-off e sono un altro esempio di analisi in parallelo. In ogni punto della retina, i neuroni elaborano separatamente i diversi tipi d'informazione del mondo visivo. L'informazione che proviene da distinti punti della retina è indirizzata a specifiche cellule e perfino a regioni diverse del sistema nervoso centrale. Non è chiara la funzione del N.G.L., dove solo il 10-20% delle connessioni presinaptiche sono di origine retinica. La maggioranza di queste connessioni provengono da altre regioni e molte di esse in particolare quelle derivanti dalla formazione reticolare del tronco encefalico e della corteccia, sono a feed-back con la funzione di controllo sul flusso delle afferenze dalla retina alla corteccia.

**5** - Analisi delle immagini visive. Nella corteccia visiva primaria (area V1 o 17 di Brodman), le proprietà dei campi recettivi cambiano significativamente. In analogia col N.G.L. e con il collicolo

superiore, la corteccia visiva primaria ha le informazioni solo dalla metà controlaterale del campo visivo. La sua struttura è però molto più complessa del N.G.L. e del collicolo superiore, essendo composta da sei strati di cellule (strati I, II, III, IV, V, VI), disposti tra superficie piale e sostanza bianca. Lo strato IV è il principale punto d'ingresso delle fibre provenienti dal N.G.L.

L'informazione visiva è trasmessa ai vari strati della corteccia visiva primaria dalle fibre afferenti che arrivano al N.G.L. Le cellule stellate spinose sono eccitatorie ed usano aspartato, o glutammato come neuro-trasmettitori. Queste cellule sono predominanti nel IV strato ed hanno dirette afferenze dal N.G.L. Le cellule degli strati II e III proiettano alle piramidali del V strato che tramite collaterali assonici comunicano con le cellule del VI. Queste cellule piramidali del VI strato vanno a chiudere il circuito eccitatorio locale, inviando collaterali dei propri assoni nel IV strato ad eccitare le cellule stellate lisce di natura inibitoria (contengono per lo più ac. **γ**-amino butirrico GABA). Queste ultime infine hanno contatti con le cellule stellate spinose eccitatorie di cui modulano la frequenza di scarica, completando in tal modo il circuito inibitorio. In sintesi, le cellule spinose portano informazioni ricevute dal N.G.L. verso la corteccia visiva. Invece, le cellule piramidali tramite collaterali dei propri assoni, integrano l'attività neuronale degli strati sovrastanti e sottostanti. Il sistema visivo è organizzato in sottili colonne che favoriscono le interconnessioni locali tra i diversi tipi neuronali, tali da permettere alle cellule stesse di analizzare in stadi successivi le singole caratteristiche dell'informazione visiva. La corteccia visiva primaria ha almeno tre funzioni principali.

1. Decompone il mondo visivo in brevi segmenti lineari di diverso orientamento. Questo primo passaggio sarebbe necessario per la discriminazione delle forme e del movimento.

2. Separa le informazioni concernenti il colore da quelle che riguardano le forme ed il movimento.

3. Combina le afferenze dei due occhi come primo passaggio di una serie di trasformazioni necessarie per la percezione delle profondità.

Oltre ad essere divisa in colonne, la corteccia visiva come si è detto, comprende VI strati. Le cellule del V strato proiettano al collicolo superiore, al ponte ed al pulvinar. Le cellule del IV proiettano al N.G.L. ed al claustro. Si ritiene che il claustro ed il pulvinar siano importanti per l'attenzione visiva. Ogni strato della corteccia visiva primaria ha un particolare ruolo e sarà la posizione spaziale di ogni cellula all'interno di una specifica lamina a determinarne le proprietà funzionali. In generale, l'organizzazione funzionale della corteccia visiva primaria si basa su due sistemi di connessione che s'intersecano: uno verticale formato da colonne che occupano tutti gli strati corticali ed un sistema disposto orizzontalmente che connette tra loro le colonne funzionali con le stesse proprietà di risposta. Il principio psico-fisico definito "effetto del contesto" afferma che la valutazione degli oggetti dipende dal contesto generale nel quale noi li osserviamo. Questa funzione sarebbe mediata dalle connessioni intercolonnari orizzontali. Il sistema visivo umano ha vie in parallelo in grado di elaborare informazioni di diversa natura, ma l'analisi simultanea di più di una informazione è limitata dai meccanismi dell'attenzione selettiva che filtrano alcune immagini, acuendo la percezione di altre. L'analisi visiva comporta dunque diverse vie in parallelo piuttosto che stazioni in serie, una di seguito all'altra. In una via che prevede diversi punti di connessione in serie, una di seguito all'altra, l'integrazione dell'informazione visiva avviene in modo progressivo, man mano che le informazioni si trasformano e sono elaborate nel passaggio da una stazione alla successiva. In un sistema di vie in parallelo, con ciascuna via che ha una funzione diversa, l'integrazione è solo interattiva. Nelle vie in parallelo, le afferenze alle aree visive provenienti da altri centri cerebrali come la corteccia pre-frontale, il claustro ed il pulvinar influenzano il livello di attenzione.

**6** - Visione stereoscopica. La formula generale della matrice di proiezione prospettica è:

$$\mathbf{P = H(I/0)G} \qquad \mathbf{(1)}$$

Dove **P** è la matrice di proiezione prospettica riferita ad un sistema di coordinate **3D**, H è la matrice che codifica i parametri intrinseci, G è la matrice dei parametri estrinseci, mentre la matrice (I/0) rappresenta la trasformazione prospettica in coordinate *normalizzate* nel sistema di riferimento standard. Nella visione stereo, l'illusione della tridimensionalità avviene in osservanza della formula testé illustrata (1). Il problema è capire dove questo processo illusorio avvenga. E' probabile che si verifichi a livello corticale perché animali come i delfini (con cervello quasi diviso in due emisferi indipendenti) ed i conigli pur sprovvisti di visione stereo a livello retinico, hanno la sensazione della profondità in riguardo al mondo che osservano.

Il senso della profondità spaziale è generato da stimoli di varia natura provenienti da entrambi gli occhi, dalle vie parvo e magno cellulari. L'ulteriore elaborazione si ha nella corteccia striata e in livelli superiori dove c'è la combinazione dei segnali provenienti dai due occhi. Gli elementi retinici di ciascun occhio non sono simmetrici, ma accoppiati per comune direzione visiva e percezione spaziale; sono *punti retinici corrispondenti*. Ciò comporta la fusione e la sovrapposizione delle immagini provenienti dai due occhi, dandoci l'impressione di un'unica immagine. Questo meccanismo è la somma di due fenomeni indicati come fusione sensoriale e fusione motoria. La prima è un processo psicologico che permette di unificare due immagini simili dell'oggetto osservato. Queste immagini derivano da punti retinici corrispondenti tra i due occhi. La fusione motoria allinea sulla fovea dei due occhi le immagini retiniche corrispondenti. Ciò avviene perché i muscoli oculo - estrinseci mettono in allineamento gli assi oculari, in relazione all'oggetto osservato. La visione doppia o *diplopia* si ha quando l'immagine visiva proveniente da un occhio non è uniformata con quella dell'altro occhio.

La visione stereoscopica è in ultima analisi generata dalla piccola differenza di visione di un dato oggetto da parte dei due occhi. Tuttavia, l'oggetto osservato deve ricadere nell'area di Panum, o area di visione binoculare simultanea. Al di fuori di tale area, l'oggetto osservato è percepito come doppio perché la sua immagine si forma su due tappeti retinici non corrispondenti dal punto di vista spaziale: punti disparati. La zona anteriore, o quella posteriore alla fissazione di un oggetto dov'è possibile la visione binoculare singola, con percezione della profondità è l'Area di Panum. Al di fuori di quest'area c'è diplopia. La visione tridimensionale può essere evocata anche con l'osservazione di figure bidimensionali, provviste di elementi retinici non corrispondenti orizzontalmente come i cerchi concentrici ed eccentrici. In questo caso, l'effetto stereoscopico sarà maggiore se elevata è la disparità degli elementi figurativi. La visione tridimensionale (stereoscopica) può avvenire anche in soggetti con un solo occhio. Alcuni meccanismi empirici concorrono a dare il senso della profondità spaziale. Questi sono:

- Il movimento parallattico: la velocità di spostamento di un oggetto vicino sembra maggiore di uno più lontano.

- La prospettiva lineare: un oggetto di grandezza costante sottende angoli progressivamente minori man mano che si allontana dal nostro punto di osservazione. Esempi sono le linee parallele, o i binari del treno che in lontananza sembrano convergere e fondersi.

- La sovrapposizione dei contorni. L'apparato visivo percepisce un oggetto che interrompa i bordi di un altro come anteposto al primo.

- La distribuzione delle luci e delle ombre: il chiaroscuro genera impressioni di rilievo e quindi di profondità relativa.

- La familiarità di oggetti noti: la distanza tra due oggetti noti è valutata in base alla grandezza apparente.

- La prospettiva aerea: l'atmosfera effettua un'azione di filtro, influenzando il contrasto ed il colore degli oggetti più lontani.

**7 -** Diagramma sull'organizzazione neuronale del sistema visivo umano. R.J. Harvey (2008) ha elaborato un diagramma sull'organizzazione neuronale del sistema visivo umano. Vedere la fig. 1, qui di seguito (schemi **α, β, γ**).

Lo schema **α** della fig. 1 illustra il contingente nervoso necessario per estrapolare aspetti da una singola immagine. Ciascuno dei quattro strati (foto recettori, cellule gangliari, neuroni del nucleo genicolato laterale e corteccia visiva) ha disposizione bi-dimensionale e le loro interconnessioni (tutte ascendenti) sono state mappate con precisione. Un punto disposto (in un determinato spazio) a livello degli strati della corteccia visiva contiene 32 elementi neuronali, ognuno dei quali risponde al massimo grado all'immagine di un orlo con specifico orientamento (spaziale).

Schema **β**. Rappresentazione del contingente nervoso idoneo all'estrapolazione di figure e di dissomiglianze da un paio d'immagini, mediante l'algoritmo riferito al processo di *accoppiamento d'immagine*. Questo contingente nervoso è fatto di due componenti, uno simile a quello dello schema **α,** in grado di estrapolare figure, separatamente da ciascuna immagine. Questi aspetti sono quindi comparati in un contesto di dissomiglianze con diversa gradualità tramite immissione di figure elaborate in un contingente nervoso indipendente.

Schema **γ**. Questo schema illustra il contingente nervoso in grado di estrapolare immagini e dissomiglianze da un paio d'immagini secondo *l'algoritmo d'immissione d'immagine*. Questo tipo di algoritmo consiste di due contingenti nervosi omologhi, uno dei quali è simile a quello dello schema **α**, al di là del nucleo genicolato laterale. Gl'impulsi nervosi provenienti da questi strati sono messi in correlazione (e comparazione) con una certa quantità di dissomiglianze e le aree d'immissione sono quindi ammassate (e memorizzate). Le immagini vengono infine estratte da queste aree d'immissione che contengono i dati visivi memorizzati.

Fig.1

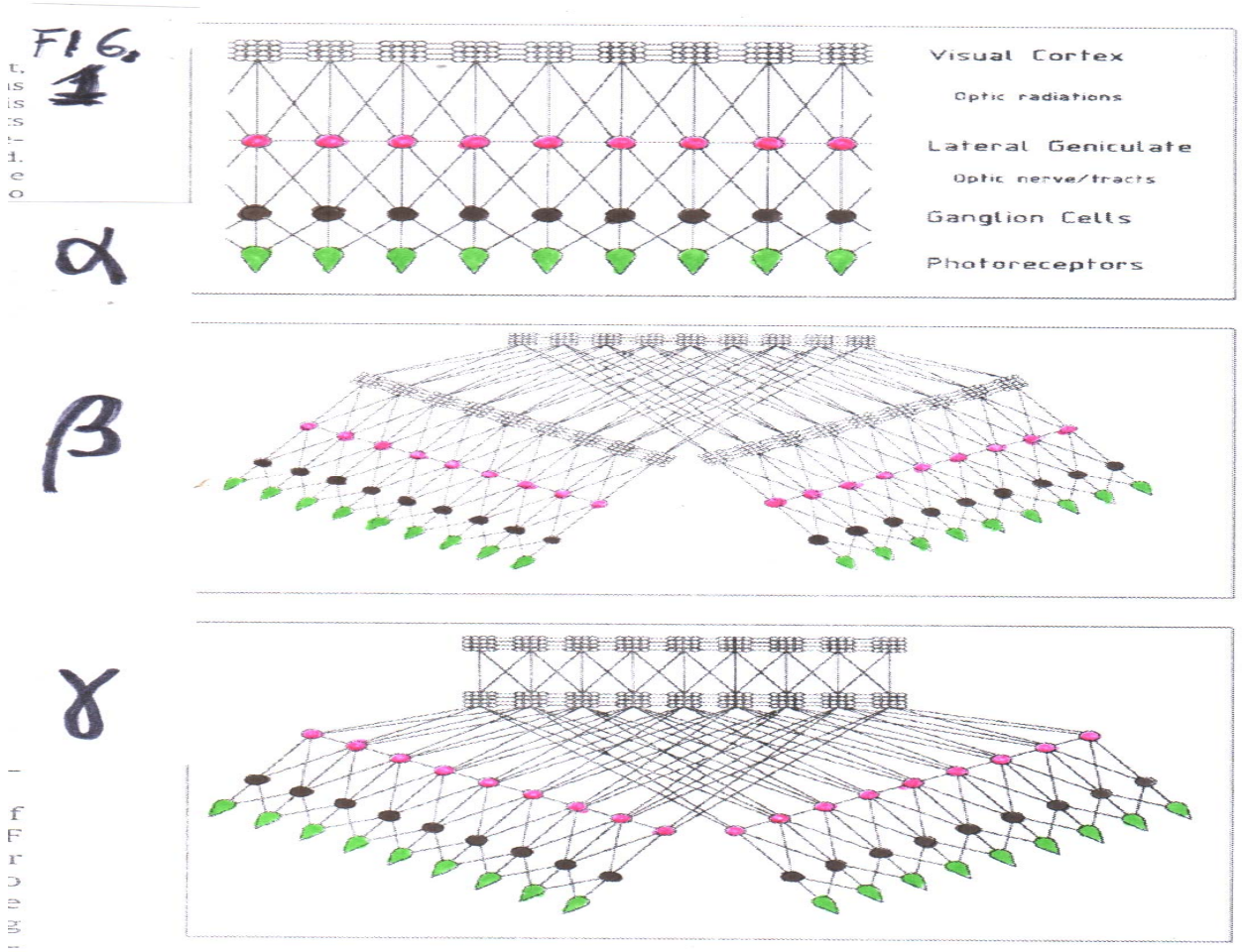



Fig. 1. Fotorecettori colorati in verde. Le cellule gangliari in nero e quelle del nucleo genicolato laterale in rosa. Gli strati della corteccia visiva sono stati disegnati come ammassi regolari di piccoli cerchi. Woolsey T, e Wan der Loos H, (1970) evidenziarono la presenza di mappe somatotopiche in cervelli di topi. Gli Autori dimostrarono che la mappa somatotopica **S1** delle vibrisse nei roditori poteva essere osservata in sezioni istologiche: le cinque fila di cilindretti corticali corrispondono alle cinque fila di vibrisse facciali.

**8** - <u>Organizzazione retinotopica</u>. E' una organizzazione neurale ripetitiva dove cellule retiniche tra loro contigue spazialmente inviano informazioni alle più vicine cellule gangliari e queste a quelle del NGL. In questo modo, la superficie bidimensionale della retina è tracciata come una mappa in altre aree come per esempio, a livello del collicolo superiore. Si è visto che i principi fondamentali dell'organizzazione retinotopica valgono anche per il nucleo genicolato laterale (NGL) e la corteccia visiva primaria come affermato da Bear MF, Connors BW, Paradiso MC, 2005. L'organizzazione anatomica del NGL conferma l'idea che la retina origini correnti d'informazione analizzate in parallelo ed i principi fondamentali dell'organizzazione retinotopica valgano anche per il nucleo genicolato laterale e per la corteccia visiva primaria (Bear M. et all., 2005). Un tipo di organizzazione con geometria similare è stata descritta anche da altri autori. Kalisman N. et all. (2005) hanno evidenziato il rapporto diretto tra gli assoni delle cellule piramidali del quinto strato della corteccia visiva ed i dendriti di neuroni vicini dello stesso strato. Gli Autori ammettono che sia corretta la teoria di Peter sull'importanza geometrica nel rapporto assoni/dendriti tra cellule contigue. Rilevata

fisiologicamente, la connettività funzionale sarebbe correlata strettamente al numero di bottoni sinaptici nei siti di contatto.

Shepheerd GM et all., (2005) hanno comparato le connettività geometrica e funzionale nella corteccia del Ratto. Gli Autori hanno ottenuto una rappresentazione di connettività geometrica con la ricostruzione anatomica di alcuni tipi di neuroni. Gli stessi hanno rilevato la connettività funzionale tramite immagini fotografiche del glutammato. La connettività funzionale deriverebbe non solo dalle sovrapposizioni arboriformi di dendriti e di assoni, ma anche dalla localizzazione geometrica in strati e in mappe corticali.

Van Hooser SD et all. (2005) affermano che lo scoiattolo grigio ha una corteccia visiva relativamente ampia ed una vista abbastanza acuta in paragone coi piccoli roditori. Tuttavia, gli Autori mostrarono che la corteccia visiva dello scoiattolo non avrebbe un preciso orientamento spaziale, sebbene i singoli neuroni avessero una disposizione spaziale altamente specifica e selettiva. In gatti transgenici, Sohya K. et all. (2007) hanno trovato che neuroni GABA – ergici avevano un orientamento meno sincronizzato rispetto alle cellule piramidali della corteccia visiva.

## **9** – Le tre similitudini fisiche. Generalità.

### SIMILITUDINE GEOMETRICA

Due o più figure geometriche sono simili dal punto di vista geometrico se c'è corrispondenza biunivoca tra loro ed il rapporto di segmenti omologhi ha un valore costante **L** che è preso come rapporto di similitudine geometrica, o scala di riduzione delle lunghezze. Il verificarsi di tale ipotesi porta all'uguaglianza di segmenti omologhi, di angoli omologhi, ad un rapporto tra aree omologhe e ad un rapporto tra volumi omologhi.

### SIMILITUDINE CINEMATICA

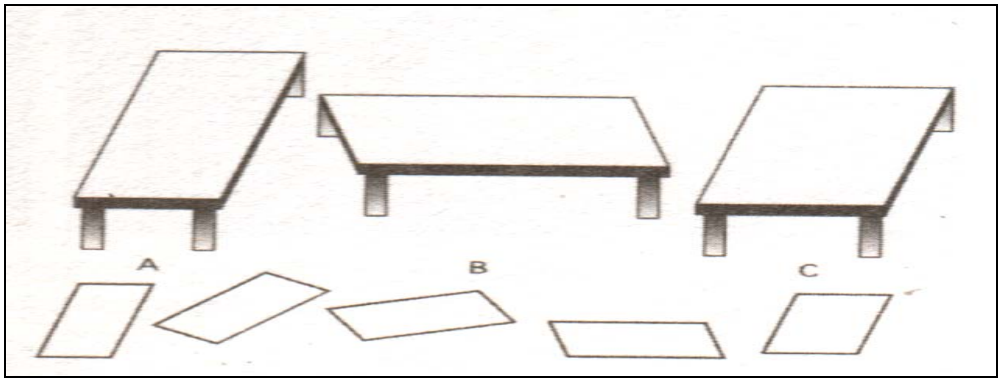
Due o più figure bidimensionali, o solidi tridimensionali geometricamente simili saranno cinematicamente simili se messi in movimento, il rapporto tra le velocità di due dei qualsiasi punti omologhi si mantiene costante. Tale rapporto è da considerare con **V** che è la scala di riduzione delle velocità. Essendo V = L/t, fissata la scala di riduzione delle lunghezze L, è definibile la scala di riduzione dei tempi **t**. Nelle vie visive, l'impulso nervoso derivante dalla visione di un oggetto ha velocità uniforme. Tuttavia, i vari segmenti visivi non hanno lunghezza costante e ne risulta che l'impulso nervoso impieghi più tempo nei percorsi più lunghi e tortuosi, in particolare se provvisti di sistemi a feedback. Coleman J.E. et all. (2009) hanno stabilito che la densità relativa d'impulsi visivi ricevuti dal nucleo genicolato laterale dorsale possa essere usata per stabilire il rapporto medio (ratio) contro/ipsilaterale che caratterizza la dominanza oculare a livello della corteccia visiva primaria (V1), nel topo.

Due sistemi di figure in movimento cinematicamente simili, saranno dinamicamente simili, se il rapporto tra le forze omologhe agenti sui due sistemi è costante. Tale rapporto s'indicherà con **F** che definisce la scala di riduzione delle forze. Nel meccanismo della visione stereoscopica, **F** è uno degl'insiemi neuronali appartenente ad un segmento della via visiva, rapportato al segmento topograficamente successivo con analoghe funzioni.

**10** - Similitudine geometrica applicata al processo visivo. L'osservazione di oggetti del mondo reale comporta la formazione di un insieme d'impulsi nervosi in un lasso di tempo **t1** a livello del tappeto retinico di ciascun occhio. Come lo schema elaborato da R.J. Harvey (2008) mostra (fig. 1), in un lasso di tempo omologo a **t1** partirebbero impulsi nervosi tra loro in corrispondenza biunivoca e diretti alle cellule gangliari collegate a quelle del nucleo genicolato laterale (NGL). A loro volta, le informazioni visive del NGL sarebbero in corrispondenza biunivoca con strati della corteccia visiva primaria, specializzate nell'elaborazione di alcuni attributi visivi. Le informazioni sarebbero ulteriormente sviluppate in mappe visive di aree corticali superiori. Tra immagini puntiformi retiniche, insieme d'impulsi nervosi del secondo grado elaborato dalle cellule gangliari retiniche nell'unità di tempo **t2** (uguale a **t1**), insieme d'impulsi nervosi di terzo grado elaborato dalle cellule del NGL nel lasso di tempo **t3**, omologhi meccanismi negli strati della corteccia visiva e negli strati corticali superiori collegati alla visione ed alla consapevolezza visiva potrebbe esserci un rapporto di segmenti omologhi con valore costante **L**, in un lasso di tempo anch'esso costante. Il verificarsi di tale ipotesi porta alla comparazione tra angoli omologhi, al rapporto tra aree affini ed al rapporto tra volumi omologhi. Le informazioni visive che viaggiano nei vari strati neuronali, a partire dal tappeto retinico fino alle aree visive corticali superiori sarebbero elaborate secondo criteri di similitudine geometrica (tra segmenti, angoli, orientamento spaziale di contorni…). Idem, per le informazioni visive riferite ai colori ed al movimento. Fenomeni fisici - trasformati in impulsi di natura elettrica lungo i vari segmenti neuronali coinvolti nel meccanismo della visione - si dicono simili se, dimensionando ciascuna delle grandezze fisiche di riferimento omogenee e costanti, le relazioni matematiche che li descrivono risultano identiche, in un lasso di tempo fisico **t1**. La durata di tempo (**t**) impiegata dall'impulso nervoso nel percorrere in vari segmenti delle vie visive, può non essere uniforme. Questi intervalli di tempo potrebbero essere tra loro direttamente proporzionali e ciò non inficia le similitudini geometrica, cinematica e dinamica.

L'elaborazione nervosa di due insiemi d'impulsi visivi ad esempio *v* ed *m* (per esempio, due insiemi riferiti alla elaborazione dei contorni di un oggetto osservato) sono geometricamente simili se, considerata una qualunque coppia di punti in *v* e la corrispondente coppia di punti in *m*, nel lasso di tempo **t1,** il vettore congiungente i due punti in *m* è parallelo e concorde con il vettore congiungente i due punti in *v*, ed ha modulo moltiplicato per una costante $\lambda$ , detta *scala geometrica*. Cioè le cellule nervose in un dato modulo della corteccia visiva primaria, o anche quelle corticali superiori con funzioni omologhe, o anche quelle retiniche, gangliari e del NGL se hanno funzioni similari (per esempio l'analisi di segmenti dell'oggetto osservato), sono raggruppate in insiemi con orientamento spaziale omologo (in particolare i loro cilindrassi), grandezza volumetrica e connessioni dendritiche omologhe. Nel processo visivo di livello superiore, oggetti e cose tra loro vicine sono raggruppate

assieme. Questo evento potrebbe collegarsi alla necessità a livello mentale e nelle vie visive, di facilitare operazioni comparative secondo le tre similitudini, in particolare quella geometrica. Specie di cicale africane sfruttano questa tendenza a proprio vantaggio. Le cicale del genere *Ityraea* si riuniscono su steli verticali imitando alla perfezione una infiorescenza di lupino. Gl'individui di questa specie possono essere sia verdi che gialli. I verdi si posano nella parte apicale degli steli ed i gialli nelle sottostanti, simulando i fiori che si dischiudono a partire dal basso. Attratti dall'apparente infiorescenza, gl'insetti che si avvicinano sono catturati dalla colonia di cicale e divorati. Nel meccanismo della visione, anche gli oggetti simili (per forma, chiarezza, colore, grandezza e orientamento spaziale) sono raggruppati assieme. Idem, per gli elementi che formano nell'insieme una figura semplice, regolare e simmetrica come le colorazioni squamose di alcuni rettili ed anfibi. La mente umana (come quella di molte altre specie), userebbe dei principi (criteri) di carattere generale per una più fine identificazione degli oggetti. Tra questi criteri, oltre alla *vicinanza*, alla *somiglianza di forma, di colore* ecc. ce sono altri. Ad esempio, gli oggetti tendono ad essere più piccoli della scena che fa loro da sfondo e che li circonda (criterio della proporzionalità di grandezza di massa). Inoltre, gli oggetti sono spesso più simmetrici degli spazi che li separano: un cespo di ciliege su un prato ha forma omogenea e lo sfondo erboso è disomogeneo (criterio di simmetria di massa). Nel disegno qui di seguito, ci sono tre tavoli A, B, e C. Due sono identici, ma con diverso orientamento spaziale. Nelle vie visive, c'è *ricostruzione* delle tre forme (A,B e C) come viste in profondità, non come se fossero state disegnate sul foglio in un sistema bidimensionale. Nel processo visivo, avviene l'aggiustamento delle forme e delle proporzioni con allungamento percettivo del lato più lungo (tavolo A) ed accorciamento percettivo del lato corto (tavolo B). Perciò, i due tavoli (A e B) sembrano diversi, ma sono uguali in realtà. La costanza di forma entra in azione automaticamente, a prescindere dalla nostra volontà e potrebbe collegarsi alla necessità d'interpretare forme ed oggetti in base ai principi delle tre similitudini: geometrica, dinamica e cinematica.




Bressan P. (2009) afferma che movimento e posizione di un oggetto sono analizzati da meccanismi neuronali separati. Nel caso in cui il cervello abbia informazioni incompatibili da due sistemi di riferimento, accetta entrambe le versioni. Per esempio, le rocce vicine ad una cascata sembrano a volte muoversi anche se sappiamo che sono fisse. Oppure, siamo su un treno con persone in movimento nel vagone dove siamo seduti. Dal finestrino, osserviamo il treno vicino. Ci sembra che il nostro treno stia partendo, ma è l'altro convoglio.

**11** - La similitudine cinematica riferita ai meccanismi della visione: avendo similitudine geometrica, l'insieme d'impulsi nervosi collegato al meccanismo della visione in un lasso di tempo, rapportato a quello conseguente o all'antecedente, avrà le caratteristiche della similarità dal punto di vista della cinematica, se il rapporto tra le loro velocità è costante. Questo rapporto si definisce con **V** ed è la scala della riduzione delle velocità. Essendo V = L/t, fissata la scala di riduzione delle lunghezze **L**, è definita la scala di riduzione dei tempi **t**. Essendo fisse la topografia neuronale corticale e le connessioni cilindrassiali in parallelo, **V** è la velocità di trasmissione assonica dell'impulso nervoso ed il suo potenziale di azione nei vari segmenti della via visiva, tra loro in rapporto diretto. Dalla velocità costante dell'impulso nervoso in parallelo e in successione nei vari segmenti della via visiva, scaturisce la similitudine cinematica.

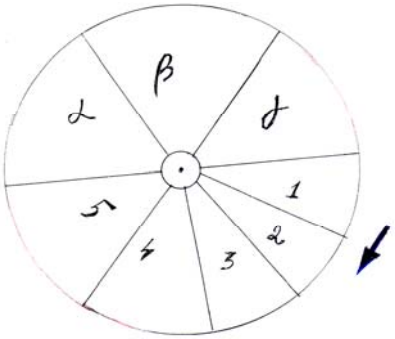
**12** - La similitudine dinamica riferita ai meccanismi della visione: due insiemi simili dal punto di vista della cinematica lo sono dal punto di vista dinamico, se il rapporto delle forze agenti sui due sistemi è costante. Tale rapporto s'indica con **F,** la scala della riduzione delle forze. Nel nostro caso, **F** è l'intensità di collegamento ed il suo rafforzamento in un insieme neuronale di un segmento della via visiva, rapportato al segmento successivo o a quello antecedente. In altri termini, segmenti neuronali della via visiva, uno di seguito all'altro (o in parallelo) sono dinamicamente simili se esprimono un rapporto costante in riferimento a tutte le grandezze dinamiche che li caratterizzano: intensità dell'impulso nervoso, le masse neuronali che compongono i singoli segmenti visivi, il rafforzamento d'input visivo ed i momenti d'inerzia. Nel meccanismo della visione, la similitudine dinamica implica quella geometrica (similitudine delle condizioni di contorno) e quella cinematica. Alan Gilchrist (2006) e Paola Bresan (2006) affermano che il sistema visivo umano può stimare la variazione tra illuminazione e luminanza, rapportando l'un l'altro fenomeno tra loro. In questa specifica funzione, le stime del sistema visivo umano non avrebbero come fondamento i valori assoluti di luminanza. Il rapporto illuminazione/luminanza essendo costante (con **F** che esprime un determinato valore di rapporto per una determinata funzione) in un dato lasso di tempo, avverrebbe in osservanza ai coefficienti della similitudine dinamica.

Da me medesimo eseguito, il seguente schema potrebbe sintetizzare la corrispondenza delle tre similitudini fisiche indicate con le lettere greche **α, β, γ,** e le cinque figure, od oggetti elaborati dalle vie visive. Ci dev'essere corrispondenza biunivoca tra le forme geometriche, il colore ed il movimento ecc. di 1, 2, 3, 4, 5 e le tre similitudini indicate con **α, β, γ**, prefissate a livello cerebrale**.** Qualora ci siano discrepanze, le vie visive provvederebbero ai dovuti aggiustamenti in modo da rendere coerente la visione degli oggetti osservati. Più precisamente, **α** è il sistema cerebrale di riferimento in relazione alla similitudine geometrica: sistema cerebrale corticale che elabora i rapporti **α/5 (α/4, α/3, α/2, α/1**…**)** dando come risultante il valore costante **L** che serve da termine di comparazione visiva.

Il simbolo **β** è il sistema cerebrale specifico per la similitudine dinamica ed i suoi rapporti: **β/5, β /4, β /3**, **β/2, β/1** esprimono il valore costante indicato con **V**, termine di riferimento per la similitudine dinamica nel meccanismo della visione.

Il simbolo **γ** si riferisce al sistema cerebrale specifico per l'attuazione della similitudine

cinematica. I suoi rapporti costanti **γ / 5**, **γ/4, γ / 3, γ / 2, γ / 1…** hanno come risultante il valore **F.** Questo valore fa parte del sistema di riferimento cerebrale, in osservanza della similitudine dinamica nel corso dell'elaborazione visiva.




.

- Sovrapposizione della figura geometrica 5 ad **α** e quindi a **β** e possibilmente a **γ.** Idem,

  per le altre figure geometriche 2, 3, 4, e 5.

- Il rapporto **α/5** corrisponde alla costante **L** espressa dalla legge della similitudine geometrica. Idem, per **α/4, α/3, α/2, α/1.**

- Il rapporto **β/5** corrisponde alla costante **V** espressa dalla similitudine cinematica. Idem, per gli altri rapporti: **β /4, β /3**, **β/2, β/1.**

- Il rapporto **γ / 5** corrisponde alla costante **F** della similitudine dinamica. Idem, per **γ/4, γ / 3, γ / 2, γ / 1.**

In sintesi:

**(α / 5 )** = **L** gradiente di similitudine geometrica.

**(β / 5)** = **V** gradiente di similitudine cinematica.

**(γ / 5)** = **F** gradiente di similitudine dinamica.

**L, V, F** sono espressione di tre distinti sistemi corticali superiori delle vie visive e sono tre dei quattro parametri fondamentali contemplati dal teorema di Buckingham. Uno di questi sistemi visivi superiori potrebbe essere aVMP, la corteccia anteriore ventromediale temporale; oppure potrebbe essere la STP, l'area plurisensoriale temporale superiore, in prossimità del solco temporale superiore; oppure la TPO che è l'area di giunzione tra lobi temporale, parietale ed occipitale.

Il numero **5** è un valore convenzionale. Al suo posto, si può scrivere **4, 3,2,1**…

Osservando un oggetto da diversi punti di vista, ne percepiamo la forma come se fosse sempre uguale, ma l'immagine retinica di questa forma può cambiare radicalmente: un piatto visto di fronte è rotondo, ma di lato è ellissoidale. Quest'abilità è detta *costanza di forma* e potrebbe collegarsi alla similitudine geometrica **(α / 5 ) = L** . Nell'osservazione di un piatto da cucina, nel caso si verifichi il rapporto **(α / 5 ) = L,** questo sarà uno stabile punto di riferimento della mente quando il soggetto si sposta, assumendo un diverso angolo visivo rispetto al piatto. In questo caso, il numero 5 corrisponde al piatto ed **α** è il sistema cerebrale di riferimento in relazione alla similitudine geometrica. Queste funzioni sono automatiche ed inconsapevoli a partire da informazioni o *indizi* fisiologici, pittorici o cinetici.

Esistono patologie che impediscono al nostro mondo visivo l'applicazione dei criteri di organizzazione figurale, basati sulle tre similitudini fisiche: geometrica, cinematica e dinamica. In seguito ad uno specifico danno cerebrale, alcune persone vedono bene ciò che osservano, ma sono incapaci di riconoscere come uguali oggetti visti da prospettive differenti. In altre forme di *agnosia*, il paziente è come se vedesse le cose per la prima volta. Egli ha perso la capacità di riconoscere gli oggetti di uso comune e non è in grado di dare ad essi un nome, né di descriverne l'uso. Altri pazienti sono in grado di copiare le singole parti di un oggetto osservato, ma il disegno è caotico: le braccia di una persona sono collegate alla testa, le gambe al collo ecc. Il problema può riguardare singole classi di oggetti, ma anche gruppi di persone ed animali.

**13** - Recenti ricerche. Secondo Kevan AC Martin, (2002), nella corteccia visiva esisterebbe un ricco contingente locale fatto di circuiti neuronali interconnessi e spesso ricorrenti. Perfino a livello dello strato IV della corteccia visiva primaria, il 95% delle sinapsi su un singolo neurone deriverebbe da altri neuroni corticali, tra loro collegati all'interno di in un circuito multi-sinaptico.

Stevens CF (2001), spiega che nei primati a livello dell'area visiva V1 (17 di Brodman ) i neuroni siano i 3/2 rispetto a quelli del Nucleo Genicolato Laterale. Questa discrepanza numerica a favore dell'area 17 sarebbe relazionata alla necessità di fornire una immagine con orientamento diverso, con una diversa dimensione e con specifica risoluzione spaziale all'interno di una data mappa visiva. Nel Gatto, nella Donnola, nel Toporagno e nella Scimmia, Koulakov AA, Chklovskii DB (2001) ipotizzarono che l'organizzazione dei centri nervosi da cui derivano le mappe di orientamento potrebbero rispondere all'esigenza della riduzione minimale delle interconnessioni neuronali. Gli Autori suggerirono spiegazioni sui possibili fattori che comportano l'assenza di queste caratteristiche nei roditori.

Secondo Sincich LC e Blasdel GG (2001), la disposizione spaziale degli assoni appartenenti allo strato 3, (17 di Brodman ) in scimmie del Nuovo Mondo è leggermente prolungata lungo l'asse di orientamento preferenziale. Gli Autori suggeriscono che questi assoni possano formare un circuito eccitatorio ricorrente in grado di generare una sommazione di stimoli, col fine di rafforzarli.

Mustafi D. et all. (2009), premettono che le cellule retiniche a cono sono di numero venti volte inferiori rispetto alle corrispettive a bastoncello. Tuttavia, i fotorecettori a cono sono la causa di molte malattie degenerative della visione, nell'Uomo. Gli Autori hanno effettuato nuove tecniche investigative come la microscopia atomica e la tomografia cryo-elettronica al fine di rilevare nuovi aspetti circa l'organizzazione e la fisiologia dei fotorecettori a cono. Nello sviluppo di specifiche patologie retiniche, Mustafi D. et all. sottolineano il ruolo di sostanze chimiche alterate come la molecola modificata della rodopsina, o di altre proteine di supporto.

Lamme Victor A.F. et all. (2000) affermano che molto controversa è la tesi sul ruolo della corteccia visiva primaria (V1) e del suo correlato neuronale nella emersione della consapevolezza visiva. La loro ricerca è stata effettuata su scimmie sveglie. Gli Autori hanno tenuto conto di due classi generali di modelli di consapevolezza visiva. Nel primo modello proposto, la consapevolezza visiva sarebbe mediata da specifiche aree o reti neuronali o in alternativa, da una specifica serie di neuroni. In questi tipi di modelli, il ruolo della V1 sarebbe piuttosto limitato perché l'attività della V1 a livello cellulare sarebbe inadeguata nella mediazione della consapevolezza. Nel modello di secondo tipo, la consapevolezza sarebbe mediata da un meccanismo più globale, per esempio non connesso ad una particolare area, o ad un dato gruppo di neuroni. Nel modello globale, secondo gli Autori ci sarebbero da analizzare due aspetti funzionali: le oscillazioni sincronizzate e le modulazioni di valore apicale. A questo proposito, il sincronismo della V1 non rifletterebbe la percezione visiva cosciente, ma sarebbe solo la conseguenza delle connessioni lineari in orizzontale tra i neuroni di questo strato. Il picco di scarica neuronale nella V1 sarebbe comunque strettamente modulato nel contesto degli stimoli cerebrali che generano i vari tipi di percezione, la consapevolezza visiva e l'attenzione. La V1 fornirebbe contributi in questo senso. Se si ammette che la V1 abbia una funzione attiva nella consapevolezza visiva, allora questo ruolo corticale superiore dipenderebbe strettamente dal tipo di via neuronale.

Wolf J. et all.(1978), dichiara che lo sviluppo cognitivo dell'Uomo è indipendente dal linguaggio e ne è il substrato. La formazione d'immagini nelle aree visive, la percezione di suoni in aree cerebrali preposte, delle sensazioni gustative ed olfattive, la formazione delle parole e frasi nelle aree del linguaggio, fisiologicamente avvengono secondo meccanismi similari. Nella specie umana, i meccanismi della visione, dell'udito, dell'olfatto, del gusto e del linguaggio – e di altre proprietà sensoriali e motorie, secondo Wolf – si svilupparono in contemporanea secondo rapporti biunivoci essendo probabile che questi meccanismi si siano evoluti in stretta connessione tra loro. Il linguaggio sarebbe traduzione individuale ed interna, della visione – immagini dal mondo esterno recepite dalle aree visive della neocortex – e dell'udito così come dell'olfatto, gusto, e di altre sensazioni esterocettive ed interocettive.

Kriegerskorte N. et all., (2008) hanno studiato in modo approfondito la rappresentazione degli oggetti del mondo esterno a livello della corteccia temporale inferiore, nell'Uomo e nella Scimmia. Gli autori concludono che al di là del limite di specie, scimmie ed umani esibiscono lo stesso codice che dà una rappresentazione di oggetti in modo continuo e specifica.

Nakamura K. and Kubota K. (1996) affermano che nelle scimmie la corteccia aVMT, o corteccia anteriore ventromediale temporale riceve gli stimoli primari dalla TE e pochi impulsi secondari dalle altre aree corticali. La corteccia TE è detta anche cortecia perinale, comprendente le aree 35 e 36. Connessioni laminari suggeriscono che *aVMT corteccia* è l'area di ordine superiore rispetto a TE. Lesioni di questa zona corticale causano deficit cognitivo e menomazioni della memoria visiva. Nell'Uomo, lesioni di aVMT comportano deficienza nel riconoscimento di oggetti familiari e delle facce. E' una delle aree più vulnerabili nel morbo di Alzheimer. I dati indicano strette analogie tra Uomo e Scimmia per quanto riguarda le funzioni di aVTM, area superiore collegata ai processi di riconoscimento e di memoria visiva. Funzioni omologhe avrebbero TE ed aVTM. Questo aspetto è presente sia nell'Uomo che nelle scimmie.

David Van Essen C. et all. (2001) hanno analizzato l'organizzazione funzionale della corteccia visiva extrastriata, trovando che è molto più espansa nell'Uomo che nello Scimpanzè.

Girkin Christopher A. e Neil R. Miller, MD (2001) descrivono la topografia delle are visive umane che sarebbero molto simili a quelle dello Scimpanzè. Le prime informazioni visive sono elaborate da due distinti sistemi: il parvo ed il magnocellulare. Per cui, fin dai primi stadi, l'informazione visiva è scissa, secondo specifiche caratteristiche. Gli Autori analizzano una serie di patologie umane come l'agrafia, l'alessia, la dislessia, l'attenzione, le allucinazioni collegate ad alterazioni in distinte vie visive. E' da presumere che la scissione visiva non sia del tutto completa, permettendo elementi di comparazione, indispensabili per la ricostruzione di mappe visive di carattere superiore.

Kaas Jon H. e Collins Christine (2001), affermano che gli strati 3 e 4 della corteccia visiva primaria (V1) hanno differenti specializzazioni nello Scimpanzè, nelle grandi scimmie e nell'Uomo. Proiezioni derivanti da V1 definiscono due zone: una ristretta, ma completa terza area visiva ed un'area dorsomediale. L'area visiva temporale mediana ha due tipi di moduli sensitivo-motori con impulsi derivanti da campi colonnari V1 citocromo-ossidasi. Le aree somatosensitive del secondo livello sono state descritte nell'Uomo dove c'è anche una zona uditiva di secondo livello, in grado di rispondere a stimoli somatosensitivi.

Smiley John F., Falchier A., (2009) hanno effettuato studi sulla corteccia uditiva delle scimmie. Affermano che ricerche di neuro-anatomia funzionale hanno dimostrato la presenza di risposte multisensoriali nella corteccia uditiva, nelle aree uditive primarie ed in quelle associative. Le proprietà delle risposte somatosensitive e visive della corteccia uditiva suggeriscono che siano coinvolte in processi multipli, includenti la percezione spazio-temporale e la presenza di oggetti. Studi di tracciabilità nelle scimmie hanno dimostrato l'esistenza di potenziali fonti d'impulsi somatosensitivi e visivi diretti alla corteccia uditiva. Sono impulsi somatosensitivi provenienti dalle zone corticali dell'insula (Ig), nelle parti reto-insulare (RI) e granulare (Ig). Altri potenziali stimoli arriverebbero dal nucleo talamico posteriore (PO). Risposte visive potrebbero includere le mappe periferiche di rappresentazione dell'area V2 e postriata, così come l'area plurisensoriale temporale superiore (STP), in prossimità del solco temporale superiore. Anche il nucleo talamico magnocellulare genicolato mediale (MGm) sarebbe una di queste fonti. In prossimità di queste sorgenti, si trovano altre strutture

talamiche, limbiche ed associazioni neuronali corticali che generano risposte multisensoriali, potendo contribuire alla formazione d'impulsi di natura mista, diretti alla corteccia uditiva. Gli Autori affermano che le connessioni dimostrate con la tracciabilità forniscono una lista di stimoli potenziali, anche se in molti casi il loro ruolo non è stato confermato e chiarito con esperimenti funzionali. E' possibile che le modulazioni somatosensitiva e visiva della corteccia uditiva siano mediate da sorgenti multiple di stimoli.

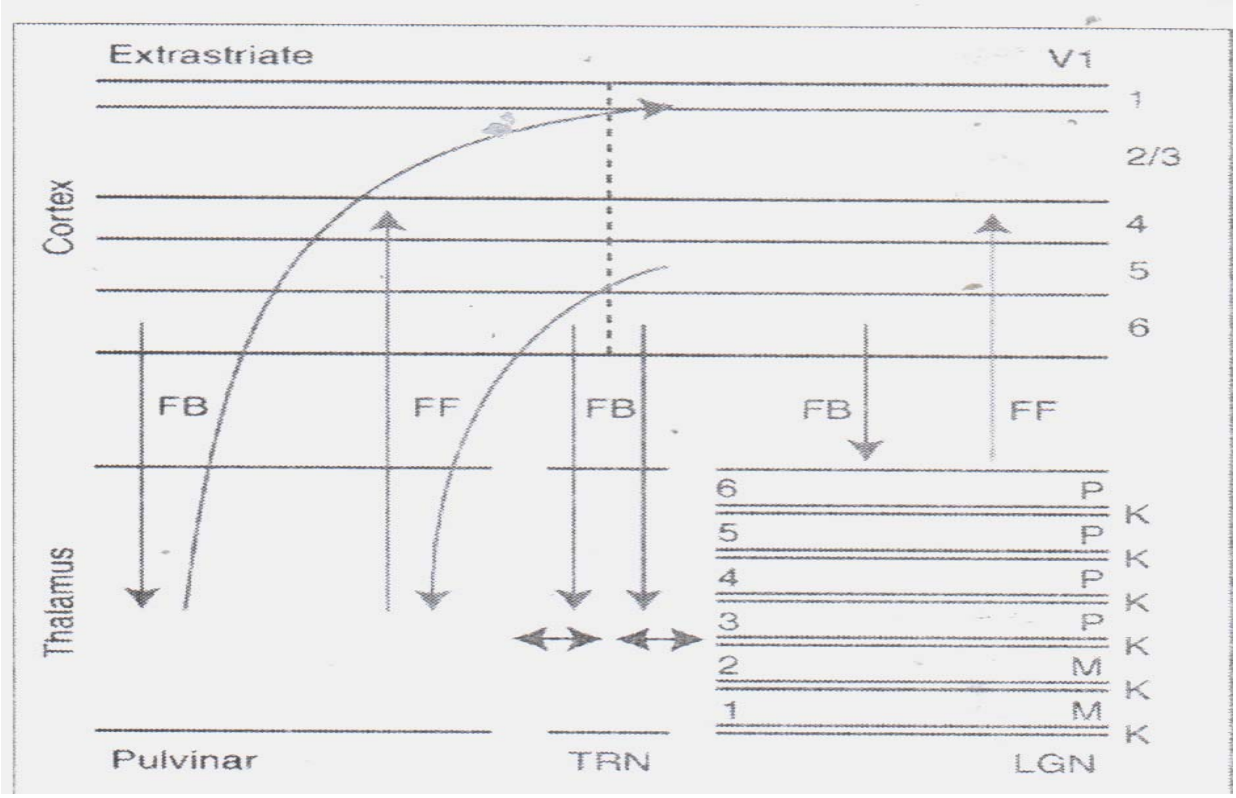
Kenichi Ohki a R. Clay Reid: (2007), hanno focalizzato la ricerca di anatomia funzionale sui circuiti della corteccia visiva, dalla dimensione macroscopica alla microscopica. Hanno utilizzato la metodica dell'immagine funzionale ad alta definizione, rivelando che l'architettura funzionale di mappe orientate nei mammiferi superiori avviene con la precisione di una singola cellula. Al contrario nei roditori, l'orientamento selettivo è disperso nell'ambito della corteccia visiva. Studi recenti di fisiologia sinaptica indicano la presenza di sconnessioni sottorete tra le cellule della corteccia visiva dei roditori.

Saalmann Yuri B. & Kastner S. (2009), hanno trovato che gli stimoli diretti al talamo visivo derivano funzionalmente da distinte vie corticali e subcorticali, in feedback (in retroazione). Questi collegamenti fanno sì che il nucleo genicolato laterale ed il pulvinar possano regolare informazioni trasmesse alle aree corticali, in rapporto alle richieste cognitive. Secondo gli Autori, ci sarebbe un meccanismo di regolazione sulla sincronizzazione inter-neuronale e sull'attività talamica. La ricerca sottolinea l'importanza del talamo nel controllo dell'attenzione visiva e della consapevolezza. A livello corticale superiore, la consapevolezza visiva e l'estrapolazione delle immagini potrebbero essere fenomeni coincidenti legati ai numerosi circuiti rientranti che si trovano nei vari tratti delle vie visive. Nei circuiti rientranti, lo stimolo visivo torna su se stesso creando una sorta di auto-risonanza. Gl'imput visivi originati dal tappeto retinico verrebbero via via plasmati ed elaborati. Alcuni di essi finirebbero col far parte dei livelli rientranti, diventando segnali di se stessi. Tutto ciò comporterebbe la traduzione dei segnali visivi in immagini fedeli alla realtà osservata, rafforzandone la consapevolezza. Al culmine del processo visivo, ci sarebbe un *anello di retroazione* formato e rinforzato da un accoppiamento molto preciso di segnali in ingresso ed in uscita. Oltre ai circuiti rientranti ed all'anello di retroazione, alcuni siti neuronali come il pulvinar, il nucleo genicolato laterale ed il talamo rafforzerebbero la consapevolezza visiva. La corteccia visiva primaria riceve i segnali dal nucleo genicolato laterale ed è a sua volta collegata ad altre aree corticali. Alcuni segnali tornano indietro e dalla corteccia primaria raggiungono di nuovo il nucleo genicolato laterale. Esperimenti con un fotometro che converte l'intensità luminosa in valori numerici hanno dimostrato che tra la retina e la corteccia visiva, la sensibilità ad alcuni toni del grigio sia rettificata in base ad informazioni che riguardano la struttura tridimensionale dell'oggetto e la distribuzione dell'illuminazione sulla sua superficie, Bresan P. (2009).

**14** - Il circuito extra striato talamo-corticale. Lo schema **ξ** mostra il circuito extra striato talamo-corticale, come descritto da Saalmann Yuri B & Kastener Sabine (2009). Neuroni parvocellulari (P) negli strati 3 – 6 magno cellulari (M) e neuroni degli strati 1 – 2 del nucleo genicolato laterale, proiettano alla lamina 4 della corteccia visiva V1. Negli strati sottili granulari del NGL (nucleo

genicolato laterale), neuroni granulosi (K), o Konio-neuroni proiettano agli strati superficiali della corteccia visiva. La V1 ha feedback (impulsi a retroazione) che provengono dallo strato 6 e sono diretti al NGL. Il pulvinar riceve numerosi fasci afferenti dal quinto strato corticale (lamina 5). Queste informazioni ricevute dal pulvinar sono ulteriormente elaborate in livelli superiori e gl'impulsi retroattivi (in feedback) derivano dallo strato sesto (lamina 6 della corteccia visiva). Le proiezioni del pulvinar dirette alla corteccia terminano nello strato 4, oltre che in altri più superficiali. Molte e differenti aree corticali sono connesse *via* pulvinar. Tra queste, le più certe (scientificamente accertate) sono la V1 e la corteccia extrastriata. FF = probabile via centrifuga; FB = probabile via in retroazione (feedback).

Schema ξ




Con la MRI, Mc Alonan K. et all. (2008) sottolineano l'importanza dei singoli neuroni del nucleo genicolato laterale nella modulazione dell'attenzione visiva.

Snow J.C. et all. (2009) suggeriscono che il pulvinar abbia un importante ruolo nel processo selettivo dell'attenzione perchè filtra le informazioni che possono distrarre.

**15 -** Ricerche su altre specie di mammiferi.

Rosen GD (1996), afferma che nei ratti le asimmetrie cerebrali più spiccate sono nella corteccia visiva e somato sensistiva.

Poth C. et all. (2005) effettuarono una ricerca su sei specie di odontoceti, inclusi i delfini comuni (Delphinus delphis), la balena pigmea (Kogia breviceps) ed il delfino *naso di bottiglia* (Tursiops truncatus). Gli Autori studiarono il rapporto tra numero neuronale e relative unità corticali a livello di corteccia uditiva primaria, corteccia visiva e somatosensitiva in entrambi gli emisferi cerebrali. Nelle aree corticali esaminate a partire da un cervello con peso di 834 grammi fino ad uno di 6052 grammi, c'era stata una riduzione del numero neuronale ed un incremento di massa cerebrale. In particolare nel delfino adulto, l'incremento in *toto* del peso non era collegabile all'aumento del numero cellulare per unità corticale.

Secondo Fung C. et all. (2005), le lamine II e V nel delfino del Mar de La Plata hanno la più elevata densità di neuroni di tutta la corteccia visiva primaria. Nei cetacei in genere, la corteccia uditiva primaria sarebbe disposta in una zona corticale del tutto differente rispetto ai mammiferi terrestri, compresi quelli vicini dal punto di vista filogenetico. Nei cetacei di fiume, la grande estensione della corteccia uditiva primaria potrebbe essere collegata a fenomeni adattivi in prossimità delle sponde dei corsi d'acqua con l'uso intenso della ecolocalizzazione per la navigazione. Altre aree corticali come la corteccia visiva primaria sarebbero meno estese.

**16** - La sensibilità ai colori.

Il rapporto tra coni retinici sensibili a lunghezze d'onda corte, medie e lunghe è di 1, 5, 10. I coni sensibili al blu sono in minoranza. Per questo, vediamo da lontano bene un manto rosso e non distinguiamo dal nero un mano blu. Una determinata lunghezza d'onda stimola in diverso grado i tre recettori. Al cervello arriva una tripletta di segnali ed il rapporto tra i tre segnali è specifico per un tipo di colore (vedere similitudine geometrica). Ad esempio, una luce che stimoli numerosi coni $(\mu)$ sensibili alle onde corte, una minor quantità di coni $(\rho)$ sensibili alle onde medie e pochi quelli sensibili $(\psi)$ alle onde lunghe sarà interpretata come blu. $\mathbf{L}$ la costante, o gradiente di similitudine geometrica, ha un valore che corrisponde al colore blu: $\boldsymbol{\mu : \rho : \psi} = \mathbf{L}$ *=colore blu*.

La luce che provochi la massima risposta in tutti e tre i sistemi di coni apparirà bianca. In questo caso, **L** è uguale a zero. In base alla lunghezza d'onda, esistono fotorecettori retinici e neuroni del corpo genicolato laterale che aumentano, o riducono la propria attività. Ci sono cellule attivate dal rosso ed inibite dal verde, o viceversa (sistema rosso – verde); ce ne sono altre attivate dal blu ed inibite dal giallo e viceversa (sist. giallo-blu). Humphrey N. (2007), dice che tutte le scimmie da lui esaminate a livello sperimentale, avevano nei confronti del colore attitudini sorprendentemente simili. I dieci primati preferivano nell'ordine il blu al verde, il verde al giallo ed il giallo al rosso. La maggior parte delle persone avrebbe affini preferenze, nei test similari.

I neuroni della corteccia visiva sensibili ai colori hanno funzionamento più complesso. Nelle lamine della corteccia visiva, ci sono cellule che danno rigorose risposte in presenza di una luce rossa ed aumentano l'attività se intorno al disco rosso c'è un anello luminoso verde. Nella corteccia visiva, esistono dunque cellule antagoniste che presiedono all'adattamento cromatico e coordinano la sistemazione delle immagini consecutive. L'area V4 del *giro fusiforme* (lobo temporale) è una stazione molto importante per l'elaborazione delle informazioni sui colori. Dalla V4, partono impulsi nervosi destinati ad aree più complesse nella gerarchia dei centri preposti al riconoscimento dei colori. Fra queste c'è il TPO, area di giunzione tra lobi temporale, parietale e occipitale. Il TPO sarebbe implicata in funzioni superiori riguardanti la modulazione dei colori e la loro interpretazione. Le foglie sono

verdi sia al crepuscolo, sia a mezzogiorno, anche se le lunghezze d'onda luminose riflesse dalle loro superfici differiscono molto, nei due momenti del giorno. Il giro angolare è una regione del TPO ed è in grado di estrapolare un denominatore comune a partire da un insieme di figure colorate, marcatamente diverse tra loro. E' un tipo di astrazione cross-modale in base alle similitudini geometrica, dinamica e cinematica. Essa rinvia ad astrazioni ancora più complesse in centri nervosi superiori, Vilayanur S. Ramachandran & Eduard M. Hubbard, (2003).

La sensibilità ai colori sarebbe il risultato di due operazioni consecutive. La prima avviene nei fotorecettori retinici dove esistono tre tipi di coni con differente sensibilità alle lunghezze dell'onda luminosa. Cellule gangliari, nucleo genicolato laterale e corteccia visiva espletano la seconda funzione basata sull'organizzazione antagonista delle risposte alle varie lunghezze d'onda. Nella visione dei colori e nella loro discriminazione, il funzionamento dei neuroni antagonisti avverrebbe ancora una volta in osservanza alle tre leggi della similitudine fisica: geometrica, cinematica e dinamica. Il processo implicherebbe poche frazioni di secondi.

Humphrey Nicholas (2007), dice che la visione di un colore è una sensazione con una componente emotiva. Secondo Humphrey N., la sensazione mette in relazione il soggetto col mondo esterno e fornisce all'esperienza del presente il senso peculiare del sé, del qui e dell'ora. Prova ne sarebbe che individui affetti da *vista cieca* avrebbero la visione di un oggetto, ma questa visione sarebbe priva di una componente importante: la sensazione. Sarebbe una visione *anaffettiva*. Nella visione cieca, il soggetto ha gravi lesioni alla corteccia cerebrale visiva, ma è in grado di percepire e d'indovinare in modo accurato alcuni aspetti del mondo esterno, inclusi i colori. Nella visione cieca, manca la sensazione visiva, anche se s'indovina la posizione, la forma ed il colore degli oggetti. Per questo, Humphrey N. afferma che la percezione visiva non deve per forza coinvolgere la sensazione. Percezione visiva e sensazione avrebbero percorsi indipendenti.

**17** - Schizofrenia.

Alcuni autori come Llewellyn Sue (2009), Holland JH (1998), Johnson S. (2001) ipotizzano che la malattia schizofrenica sia uno stato di disordine mentale, sospeso tra gli stati di veglia, di sonno e di sogno, tra Chaos mentale ed un tipo superiore di ordine cerebrale. La schizofrenia sarebbe una forma di prigione mente/cervello che comporta l'insorgenza di stati confusionali, ondulanti tra veglia e sogno. In genere, sia lo stato di veglia che di sogno sono funzionali. Nella schizofrenia, entrambi gli stati (mentali) sarebbero disordinati: né la veglia e né il sogno sarebbero propriamente funzionali, per cui il simultaneo rapporto mente/cervello sarebbe in ultima analisi incompatibile. L'ipotesi poggia su quattro differenti postulati: la biochimica dello stato di sogno; il lavoro del sogno funzionale alla memoria; la teoria di membrana della schizofrenia; la teoria del Chaos. Il cervello riproduce se stesso. L'auto organizzazione è data da sistemi di modulazione. La netta differenza tra veglia e sogno si basa sul reciproco sistema aminergico/colinergico/dopaminergico. La teoria del Chaos indica che i sistemi di auto-organizzazione funzionano con maggiore creatività ai margini del Chaos, uno stato al limite tra ordine e disordine.

Nel rapporto mente/cervello, l'ordine deriva dalla rigida differenza tra gli stati di veglia e di sogno, mentre il disordine proviene dalla loro interrelazione disordinata. La predisposizione genetica alla schizofrenia è espressa da differenze di acidi grassi che comportano anomalie nelle membrane neuronali. Di conseguenza, tutti i sistemi neuro-trasmettitori sono distrutti. Alla fine, la reciproca

interazione tra i neuro-modulatori aminergici/colinergici si guasta. L'impulso colinergico alterato modifica il reciproco rapporto tra i sistemi dopaminergici mesolimbico e mesocorticale. La perdita di reciprocità nella neuro-modulazione aminergica, colinergica e dopaminergica avviene nella fase cronica della malattia schizofrenica: uno stato mentale intrappolato tra veglia e sogno. Questo sarebbe la schizofrenia secondo Llewellyn Sue (2009), Holland JH (1998), Johnson S. (2001). Al momento, le tecniche ad immagine non catturano la neuro-modulazione dinamica per cui, l'ipotesi non può ancora essere testata induttivamente. Queste ricerche suggeriscono che le immagini tecniche non possono catturare la neuro-modulazione dinamica e quindi non è possibile provarne la veridicità sperimentale, o induttiva. Ulteriori dati potrebbero derivare da una maggiore attenzione alla fenomenologia schizofrenica durante gli stati di veglia, di sonno (e di sogno). Llewellyn Sue (2009), Holland JH (1998), Johnson S. (2001), Goodwin B. (1994), Lake CR (2008) concordano più o meno su alcuni concetti di base per quanto riguarda il cervello umano, il suo funzionamento e l'origine della schizofrenia. Il cervello sarebbe un complesso sistema interattivo di neuroni interconnessi, capace di auto-organizzazione tramite impulsi sensitivi e propri sistemi di modulazione. Un sistema che si auto organizza ha tutte le proprietà di un ordine emergente. E' in grado di auto-organizzarsi in un volume coerente, riproducendosi tramite auto-sostentamento (auto-poiesi). La sua auto-riproduzione non è stabile, né fissa: c'è un attrattore che guida il sistema verso un ordine dinamico, ai limiti del Chaos. La zona limite (tra ordine e Chaos) rappresenta lo stato di massima creatività per un sistema che si auto-organizza, ma essendo finemente bilanciato, è precario e relegato in uno stato pericoloso, in equilibrio tra ordine e disordine. La probabile correlazione tra creatività e psicosi è molto controversa. Sembra che la psicosi sia la principale via che conduca agli esseri umani. Secondo Horrobin DF (1998) e (2001), la schizofrenia è ciò che ci caratterizza come esseri umani. Tra gli 80.000 ed i 140.000 anni fa, la comparsa dei geni predisponenti per la schizofrenia sarebbe stata accompagnata dalla grande ed improvvisa espansione culturale nel campo artistico, musicale e religioso. L'avvento della schizofrenia si sarebbe verificato dopo un lungo periodo di stagnazione evolutiva del genere Homo; un periodo durato circa due milioni di anni e caratterizzato da stabilità evolutiva ed ordine estremo, Horrobin DF (1998). Per due milioni di anni, la cultura umana (livello macro) e l'organizzazione cerebrale (livello micro) rimasero stabili e stagnanti, in uno stato che si poneva nel punto limite della transizione tra ordine e Chaos. Edelman GM (1998), afferma che perfino prima che il linguaggio apparisse nell'evoluzione degli ominidi, ci dev'essere stata una capacità di concettualizzazione pre-linguistica. Questa capacità implica il coordinamento dell'attività simultanea di quelle regioni del cervello che elaborano il senso del movimento, del peso, del tatto, dell'udito, della visione e dell'olfatto. Secondo Llewellyn Sue (2009), una casuale ed improvvisa mutazione produsse un gene dal profilo di poco differente. Col passare del tempo, queste menti/cervello provviste del nuovo gene si andarono evolvendo nella direzione che poneva la struttura della materia cerebrale al margine tra ordine e Chaos. La mutazione genetica avvenuta in pochi individui cominciò ad emergere e ad affermarsi, elevando la specie umana verso una superiore creatività, ma conducendola verso una maggiore aggressività. In seguito, col dominio e la guida di alcuni di questi individui, l'organizzazione sociale umana cominciò ad esprimersi tramite l'arte, la musica e la religione. La specie umana andò differenziandosi dai primati, assumendo le caratteristiche mentali che adesso diamo per scontato. La realtà mostrò aspetti complessi ed inusitati che fecero parte della nuova consapevolezza e sensibilità umana. Essendo la realtà di per sé sfuggente, difficile da definire, anche il rapporto mente/cervello divenne molto più complesso. Secondo D'espagnat B. (1977) la realtà - definita come totalità di ciò che esiste - è nella sua essenza indipendente da noi, nei suoi comportamenti. In altre parole, anche se noi siamo parte di essa, non ne siamo i regolatori, in alcun senso. Inoltre, né lo spazio, né il tempo e neanche lo spazio – tempo hanno una esistenza primitiva. Essi non sono parti della realtà come sopra definita. Lo spazio ed il tempo appartengono alla realtà empirica: sono modi della nostra sensibilità. Nella mente, esisterebbe il tempo psichico dilatabile, non c'è quello fisico che è una grandezza costante

e ben definita. Secondo Mamassian P. (2008), la percezione visiva è ambigua e le arti visive giocano con questi tipi di ambiguità. Le ambiguità visive potrebbero essere evitate con un maggior contrasto di base, ma le ambiguità artistiche si esprimono tramite convenzioni e deduzioni. Mamassian P. si chiede se ci sia un rapporto tra *contrasto di base* e *convenzione*. Le ambiguità artistiche sono riferite alla particolare composizione dell'opera, alla scala spaziale e focale, alla luminosità, al gioco ombra/luce, ai toni coloristici, alla tridimensionalità, alla forma ed all'illusione del movimento. Alcune di queste convenzioni artistiche sembrano avere fondamento nei contrasti visivi di base, ma alcune se ne dissociano. Secondo Mamassian P. queste ultime potrebbero aiutarci ad apprezzare le differenze tra trucchi insiti nelle arti visive e la comune percezione quotidiana. Questa discrepanza potrebbe evidenziare il giornaliero rapporto problematico mente/mondo circostante.

Deicken R.F. et all. (2002) effettuarono le loro ricerche con la MRI su un gruppo di 41 pazienti schizofrenici, paragonati 39 soggetti normali. Non esistevano differenze volumetriche cerebrali tra i due gruppi, ma gli schizofrenici avevano una significativa asimmetria a livello talamico, con la parte destra maggiore della sinistra.

Keri et all. (2002) ritengono che la corteccia temporale ventrale sia coinvolta nella rappresentazione della forma, del colore e della *parola-etichetta*. I soggetti schizofrenici esaminati da Keri et all. mostravano un evidente deficit di recupero verbale e povertà di eloquio.

I soggetti schizofrenici studiati da S.E. Armold (2000) avevano asimmetrie ed alterazioni biochimiche nelle regioni paraippocampali.

Byne W. et all. (2009), affermano che il talamo è un incrocio d'impulsi nervosi multipli, alcuni dei quali implementati nella patologia schizofrenica. Rapportato a quello del cervello *in toto,* il volume del talamo sarebbe mediamente inferiore negli schizofrenici rispetto alle persone normali. In particolare, i nuclei dorso-mediali ed il pulvinar degli schizofrenici sarebbero molto ridotti e con una spiccato impoverimento della densità cellulare. Queste anomalie talamiche comporterebbero la trasmissione d'impulsi nervosi aberranti verso altre aree cerebrali come la corteccia prefrontale e la V lamina corticale.

Szycik G. R. et all. (2009), affermano che negli schizofrenici c'è un deficit d'integrazione articolatoria di nozioni con imput di linguaggio uditivo. I pazienti affetti da schizofrenia avrebbero un deficit d'integrazione audiovisiva durante la percezione linguistica. Questo tipo di deficit sarebbe collegabile a disfunzioni del sistema motorio linguistico nell'emisfero destro. Le aree coinvolte sarebbero in particolare: la parte opercolare (area corticali pre-motorie e motorie), il solco frontale centrale ed il giro temporale superiore. Tutte queste aree avrebbero un ruolo chiave nella percezione del linguaggio così come nella sua comprensione e nella visione delle frasi.

**18** - Altri tipi di alterazioni cerebrali collegati alla schizofrenia.

In uno studio sistemico di risonanza magnetica nucleare, Sullivan EV et all., (2001) hanno riportato la presenza di agenesie parziali del corpo calloso (CC) nel 2% circa dei pazienti schizofrenici contro un valore dello 0,005-0,07% nella popolazione generale, ad indicare uno sviluppo autonomo durante l'ontogenesi del CC e delle strutture ad esso correlate. Però, la corteccia cerebrale di questo 2% di pazienti schizofrenici, ha uno sviluppo normale.

Robins NM et all. (Oxford, 2001), trovarono in pazienti schizofrenici indebolimento nell'attivazione delle regioni frontali coinvolte nella fluidità verbale.

Heckers S. et all. (2002), hanno effettuato test visivi su soggetti schizofrenici paragonati a gruppi di controllo di persone normali sottoposte agli stessi test. Le variazioni di flusso sanguigno cerebrale erano rilevate con la metodica MRI. I risultati hanno mostrato negli schizofrenici una asimmetria emisferica inversa nei processi di elaborazione delle informazioni sensoriali. Infatti nei soggetti schizofrenici c'era un chiaro incremento del flusso sanguigno cerebrale nell'emisfero destro ed un decremento nel sinistro. L'opposto accadeva nel gruppo di controllo, composto da persone normali.

Sallet PC et all. (2003), hanno trovato differenze cerebrali tra gruppi di pazienti schizofrenici paragonati a gruppi di persone normali. Le differenze più marcate erano a livello dell'ippocampo, del Planum temporale e delle cavità dei ventricoli cerebrali.

Sandu-Anca-Larisa et all. (2008) dimostrano la presenza d'irregolarità strutturali cerebrali in pazienti schizofrenici. Gli Autori hanno ottenuto immagini MR da sette pazienti affetti da schizofrenia, comparati a soggetti di controllo sani. Le immagini con la MR sono state segmentate e da esse è stata rilevata la FD (il coefficiente di dimensione frattale), tenendo conto dei seguenti parametri secondo le metodiche di Box – counting e di quella di Minkowiski - Bouligant: rapporto sostanza grigia/sostanza bianca, volume cranico totale, rilievi morfo - strutturali su ciascun emisfero. I risultati mostravano che gli schizofrenici avevano valori di FD più ampi rispetto ai controlli sani, in riferimento al volume cranico totale ed all'emisfero destro. Inoltre gli schizofrenici avevano un significativo incremento della sostanza bianca in *toto*.

Con la MRI, Narr Katerine L. et all. ( 2004) hanno osservato in pazienti maschi schizofrenici anomalie nelle regioni frontali, parietali ed occipitali (corteccia visiva primaria). Le anomalie riguardavano significativi incrementi dei *gyri* corticali (ipergiria) in conseguenza dell'anomalo sviluppo neuronale corticale avvenuto alla fine del secondo e nel terzo periodo di gravidanza. L'assenza di anomalie similari in schizofrenici di sesso femminile e l'incremento dei *gyri* nel lobo frontale-superiore destro negli schizofrenici maschi dimostravano che nel periodo fetale squilibri ormonali sessuali, in particolare di testosterone, potessero avere un ruolo nell'insorgenza della schizofrenia. Nel periodo fetale, l'ormone favorirebbe le asimmetrie tra i due emisferi cerebrali in particolare nei maschi ed accentuerebbe la complessità dei *gyri* in alcune aree cerebrali.

Con tecniche di risonanza magnetica computerizzata MRI, Katerine L. Narr et all. (2007), hanno effettuato ulteriori studi su 67 soggetti sani – trenta maschi, dieci dei quali destrimani – ed 84 soggetti schizofrenici, 60 maschi di cui 16 non destrimani. Indici di asimmetria computati con centinaia di aree emisferiche accoppiate sono stati usati per rilevare eventuali influenze sull'incidenza delle asimmetrie cerebrali in base al sesso, uso preferenziale della mano e malattia schizofrenica. L'età dei soggetti e altri fattori non sono stati considerati. Gli Autori concludono che la TORQUE all'interno delle variazioni emisferiche individuali sembra essere minimamente influenzata dal sesso, dall'essere destrimane e dalla schizofrenia. Ci sarebbero altri fattori biologici come la dominanza delle funzioni linguistiche, o altri non proprio connessi con l'eloquio. Ciò non escluderebbe la presenza di specifiche aree cerebrali con iper – gyrificazione: aree cerebrali influenzate strettamente dal sesso, o dalla malattia schizofrenica.

**19** - Considerazioni conclusive. Cartesio predisse che l'immateriale mente ed il corpo fatto di materia, sebbene distinti, interagiscano casualmente. E' la famosa nozione conosciuta come dualismo cartesiano, in suo onore. I filosofi successivi hanno fatto piccoli progressi nella soluzione del problema

mente/corpo e di come possano interagire, anche perché gli atti mentali (il come si pensa, il come si sente, ed il come si conosce), non sono eventi dell'immateriale anima, ma meccanismi cerebrali derivanti dalla *materia* nervosa. Sebbene si discuta se la mente faccia parte del cervello, rispettabili filosofi hanno considerato una soluzione più materialistica con un approccio di tipo neuro-biologico al problema mente/corpo. Finché gli atti mentali sono in funzione del cervello, il rapporto cartesiano mente / corpo è uno pseudo problema facente parte degli argomenti delle neuro-scienze cognitive. La vera questione sarebbe in che modo il cervello crea il nostro mondo mentale. L'argomento della consapevolezza umana e della visione ha entusiasmato premi Nobel come Francis Crick, Gerald M. Edelman GM e Donald A. Glaser. Tecniche di neuro-immagine come la tomografia ad emissione di positroni (PET) e immagini di risonanza magnetica funzionale (MRIf) hanno fornito aspetti funzionali del cervello in vivo, permettendo di rilevare obiettive misurazioni dell'attività mentale. Nonostante la diffusione della MRIf ed altri tipi di metodiche di neuro-immagine finalizzate alla comprensione della mente, è ancora insoluto il problema di come il cervello arrivi a creare il nostro mondo mentale. Ciò che la mente conosce proviene dal cervello, non essendoci un approccio diretto col mondo esterno tridimensionale. Da qui la natura illusoria della mente. L'esperienza basata sulla facile e diretta interazione col mondo non corrisponde alla realtà. Per esempio, la percezione visiva del mondo deriva da immagini retiniche bi-dimensionali e non dagli oggetti fisici del mondo esterno. L'ausilio di algoritmi e della quotidiana esperienza, dimostrano che la percezione visiva è un processo fondamentalmente deduttivo ed è ciò che alcuni definiscono *inferenza inconscia*. La consapevole quotidiana rappresentazione del mondo che ci circonda è possibile solo dopo una enorme quantità di computazioni inconsce come affermato da Lin, Z. (2008) e da Lin Z. ed He S., (2009). La MRIf e metodiche similari di neuro immagine mostrano queste sconosciute mappe mentali. Ciò vale anche per altre funzioni cerebrali legate alla memoria, alle emozioni ed all'eloquio. Siamo ignari di queste funzioni e le diamo per scontate. Tuttavia, nei pazienti con seri danni cerebrali col cervello che va di traverso, l'interazione col mondo sembra confondersi. Ad eccezione di uno con cervello normale, le interazioni col mondo sembrano strane quando il cervello sbaglia nell'interpretazione delle informazioni che riceve, come dimostrano le illusioni visive. Sembra poco credibile l'affermazione secondo cui non abbiamo contatti diretti col mondo esterno. Il cervello normale apprende da esperienze pregresse in modo diretto, od indiretto e costruisce l'esatta rappresentazione del mondo di conseguenza, secondo criteri della ricompensa e della punizione. Dai ripetuti incontri col mondo, il cervello interpreta e valuta la serie degl'impulsi sensoriali basati sull'esperienza, conscia ed inconscia. La realtà del mondo esterno è il mezzo di verifica delle predizioni cerebrali, delle sue mappe e rappresentazioni che possono essere rinforzate, o possono indirizzarsi verso altre interpretazioni. Il cervello si arricchisce di nozioni e di concetti in un modo non dissimile da una macchina il cui funzionamento si basa sulle motivazioni. Il mondo sarebbe visto come il luogo adatto all'acquisizione di ricompense. Il cervello riceverebbe un modello di realtà con la pianificazione dello spazio circostante, usando rappresentazioni mentali (mappe mentali), aggiornabili con verifiche giornaliere.

Questo sarebbe un principio generale, applicabile non solo al sistema emotivo, ma anche al cognitivo. Si consideri il fenomeno della rivalità binoculare. Un occhio riceve immagini discordanti, rivali rispetto a quelle dell'altro occhio, con una delle due che è dominante e che finisce per oscurare l'altra. Ciò accade perché in situazioni ambigue, il cervello prova a fare predizioni e cerca le cause delle sensazioni visive. Se le immagini provenienti dai due occhi sono sovrapponibili in base alle similitudini geometrica, dinamica e cinematica, il cervello non fa scelte prioritarie, perché similari sono le due percezioni visive. Nel caso in cui una delle due è più verosimile, più significativa, o più importante allora prevale quella percepita come più plausibile, Lin Z. and He (2009), Tsuchiya N. and Koch, (2005).

**20** – Il teorema di Buckingham applicato ai processi dell'astrazione visiva. Il teorema di Buckingham potrebbe essere utile alla comprensione di come l'informazione ottica si trasformi in pura immagine, per astrazione. Un fenomeno fisico come quello visivo può essere descritto come il rapporto anatomico e fisiologico tra gruppi adimensionali all'interno di variabili funzionali. Più precisamente il teorema di Buckingham dice:

*Ogni equazione fra **n** grandezze fisiche, in un campo di fenomeni che abbia **r** unità fondamentali, si potrà scrivere come un'equazione dove compaiano non più di **n - r** tipi distinti di gruppi adimensionali.*

Nel meccanismo della visione, la risultante ultima dell'equazione in base al teorema di **B**. sarebbe l'immagine adimensionale dell'oggetto osservato in un determinata frazione di tempo fisico. Le unità fondamentali nel meccanismo della visione sarebbero quattro:

1. **m** = matrice di proiezione prospettica in base alla formula (1) di questo studio, riferita al sistema di coordinate **3 D**.
2. **L** = rapporto di similitudine geometrica, o scala di riduzione delle lunghezze.
3. **V** = scala di riduzione delle velocità. Essendo V = L/t, fissata la scala di riduzione delle lunghezze L, è definibile la scala di riduzione dei tempi **t**.
4. **F** = scala di riduzione delle forze.

Le grandezze fisiche sarebbero invece tre:

1. **α** = dimensione caratterizzante il fenomeno della visione in un determinato istante. Alfa può essere considerato il canale M e relativo potenziale di azione che inizia con le cellule gangliari retiniche magnocellulari e porta allo strato IVB della corteccia striata.
2. **β** = il canale P-1B o parvocellulare interblob e relativo potenziale di azione: va dalle cellule gangliari retiniche parvocellulari e alle parti interblob dello strato III.
3. **γ** = canale blob e relativo potenziale di azione. Attraversa gli strati parvo e koniocellulari del genicolato e converge sui blob dello strato III.

Sarebbero quattro le unità fondamentali e tre le grandezze fisiche. In base al teorema di Buckingham, la dipendente derivata sarebbe l'immagine dell'oggetto osservato. Questa immagine sarebbe priva di dimensioni (grandezza adimensionale). Per esempio, la discriminazione dei grigi tramite il *raggruppamento percettivo* avverrebbe secondo le previsioni del Teorema di Buckingham. Il raggruppamento percettivo dei grigi avverrebbe con la comparazione (cerebrale) dei seguenti parametri: vicinanza, somiglianza, coerente continuazione, chiusura, destino comune, esperienza pregressa e buona forma, Bresan P. (2009).

In definitiva, il principio d'identità tra mente e mondo esterno avverrebbe in osservanza delle tre similitudini geometrica, cinematica e dinamica. Nel momento in cui questo fenomeno mentale si verifica, in base al teorema di Buckingham, la mente estrae l'immagine soggettiva della realtà, Petty G.W. (2001). Il Teorema di Buckingham è lo strumento principale dell'analisi dimensionale. Il teorema dice che l'equazione fisicamente significativa che coinvolge *n* variabili è espressa in modo equivalente come equazione di *n*–*m* parametri adimensionali, dove *m* è il numero di dimensioni fondamentali usate. Per di più e in modo più rilevante, fornisce un metodo per calcolare questi parametri dimensionali a partire dalle variabili date.

Riassunto

La diffusione della MRIf ed altri tipi di metodiche di neuro-immagine finalizzate alla comprensione della mente, non hanno risolto il problema di come il cervello arrivi a creare il nostro mondo mentale. Ciò che la mente conosce deriva dal cervello, non esistendo un approccio diretto con la realtà. La mente è per natura illusoria. L'esperienza basata sulla facile e diretta interazione col mondo non è veritiera. La percezione visiva del mondo proviene da immagini retiniche bi-dimensionali e non dagli oggetti tridimensionali del mondo esterno.

Alcuni tipi di algoritmi, assiomi generali sul mondo e la quotidiana esperienza, rafforzano la convinzione che la percezione visiva sia un processo fondamentalmente deduttivo, indicato come *inferenza inconscia*. La rappresentazione consapevole del mondo circostante è possibile solo in seguito ad una enorme quantità di computazioni inconsce, come affermato da Lin, Z. (2008) e da Lin Z. ed He S., (2009). La MRIf e metodiche similari di neuro immagine rivelano la presenza di specifiche mappe mentali collegate ai processi visivi. Ciò vale anche per altre funzioni cerebrali come la memoria, l'emozioni e l'eloquio. Siamo ignari di come possano emergere queste funzioni e le diamo per scontate. Tuttavia, nei pazienti con seri danni cerebrali col cervello che va di traverso, l'interazione col mondo sembra confondersi. Ad eccezione di un individuo con cervello normale, le interazioni col mondo sembrano strane quando il cervello sbaglia nella corretta interpretazione delle informazioni ricevute, come nelle illusioni visive. Secondo Girkin Christopher A. and Neil R. Miller, MD (2001), la topografia delle are visive umane sarebbe molto simile a quella di Scimpanzè. Due distinti sistemi: il parvo ed il magnocellulare elaborano le iniziali informazioni visive che sono scisse fin nei primi stadi. Una serie di patologie umane come l'agrafia, l'alessia, la dislessia e le allucinazioni visive sarebbero collegate ad alterazioni in distinte vie neuronali. E' da presumere che in questi casi, la scissione visiva non sia del tutto completa, permettendo elementi di comparazione indispensabili per la ricostruzione di mappe ed immagini complesse. Innata è la capacità di percepire la terza dimensione che è la profondità, ma indispensabile è l'apprendimento nel corso della vita, in particolare nei suoi primi stadi. Esplorando l'ambiente circostante, vediamo gli oggetti animati ed inanimati distanti da noi e li vediamo separati e distinti gli uni dagli altri, con un proprio volume. Capacità innate ci permettono l'uso di specifici indicatori di profondità spaziale, forse in base alle tre leggi fisiche di similitudine: geometrica, cinematica e dinamica. Nel processo visivo e nelle analisi cerebrali delle immagini, rimangono molti punti oscuri. Il teorema di Buckingham potrebbe aiutarci nella comprensione di come l'informazione ottica bidimensionale si trasformi in immagine psichica, per astrazione. Secondo questo teorema, un fenomeno fisico come quello visivo può essere descritto come il rapporto anatomico e fisiologico tra gruppi adimensionali all'interno di variabili funzionali.

A livello corticale superiore, la consapevolezza visiva e l'estrapolazione delle immagini potrebbero essere fenomeni coincidenti legati ai numerosi circuiti rientranti che si trovano nei vari segmenti delle vie visive. Nei circuiti rientranti, lo stimolo torna su se stesso, creando una sorta di auto-risonanza. Gl'imput visivi originati dal tappeto retinico verrebbero via via plasmati ed elaborati. Alcuni di essi finirebbero col far parte dei livelli rientranti, diventando segnali di se stessi. Tutto ciò comporterebbe la traduzione del segnale visivo in immagini fedeli alla realtà osservata e ne rafforzerebbe la consapevolezza. Al culmine del processo visivo, ci sarebbe un *anello di retroazione* formato e rinforzato da un accoppiamento molto preciso di segnali in ingresso ed in uscita. Oltre ai circuiti rientranti ed all'anello di retroazione, alcuni siti neuronali come il pulvinar, il nucleo genicolato laterale ed il talamo rafforzerebbero la consapevolezza visiva.

Derivante dall'osservazione di oggetti reali del mondo esterno, la stimolazione sensoriale guida il processo creativo delle immagini a livello cerebrale. La percezione visiva sarebbe un tipo di allucinazione guidata con l'uso di un elevato numero di vincoli, adoperati comunemente dagli altri individui, secondo Bressan P. (2009). Nel sogno e nelle allucinazioni, le immagini appaiono reali, ma non c'è stretta coerenza con la realtà e coi suoi correlati visivi. La comparazione mentale espletata dalle tre similitudini geometrica, cinematica e dinamica non avviene nei sogni e nelle allucinazioni. Nel sogno e nelle allucinazioni visive, ci potrebbe essere coerenza col teorema di Buckingham, ma non con le tre similitudini fisiche: geometrica, cinematica e fisica. Il corretto rapporto mente/cervello si basa sulla rigida differenza tra gli stati di veglia e di sogno, mentre il disordine proviene dalla loro interrelazione disordinata. Llewellyn Sue (2009), Holland JH (1998), Johnson S. (2001) ipotizzano che la malattia schizofrenica sia uno stato di disordine mentale sospeso tra gli stati di veglia, di sonno e di sogno: tra Chaos mentale ed un tipo superiore di ordine cerebrale. La schizofrenia sarebbe una forma di prigione mente/cervello, con insorgenza di stati confusionali, ondulanti tra veglia e sogno. In genere, sia lo stato di veglia che quello di sogno sono funzionali. Nella schizofrenia, entrambi gli stati (mentali) sarebbero disordinati: né la veglia e né il sogno sarebbero propriamente funzionali, per cui il simultaneo rapporto mente/cervello sarebbe in ultima analisi incompatibile.

Bibliografia


Bear MF, Connors BW, Paradiso MC: *Neuroscienze. Esplorando il cervello*. Masson S.p.a. editore, Milano, (2005).

Bresan Paola: *The place of white in a world of grays: a double-anchoring theory of linhtness perception.* Psychological Review, 113: 526 – 553, (2006).

Bresan P.: *Il colore della luna. Come vediamo e perché*. Il Sole 24 Ore S.p.a., (2009).

Byne W. et all.: *The thalamus and schizophrenia: current status of research*. Acta Neuropathol., 117: 347 – 368, (2009).

Coleman J.E. et all.: *Anatomical origins of ocular dominance in mouse primary visual cortex.* Neuroscience, 161: 561 – 571, (2009).

D'espagnant B.: *I fondamenti concettuali della meccanica quantistica*, Bibliopolis, Napoli (1977).

Edelman NH, Epstein P, Cherniack NS, Dishman AP.: *Control of cerebral blood flow in the Goat; role of the carotid rete*. Am J Physiology 223(3):(1972).

Edelman G.M.: *La metafora muta*. Micro Mega 2:216-226. (1998).

Fung C, et all*.: Mapping auditory cortex in the La Plata dolphin (pontoporia blanvillei)*. 66: 353 – 356 (2005).

Girkin Christopher A. and Neil R. Miller, MD.: *Central Disorders of Vision in Humans*. Survey Of Ophthalmology, vol. 45, number 5, March – April, (2001).

Gilchrist A.: *Seeing black and white*. Oxforde university Press, (2006).

Goodwin B.: *How the leopard changed its spots: the evolution of complexity*. Great Britain, Phoenix, (1994).

Hart BL, Hart LA, Pinter-Wollman N.: *Large brains and cognition: where do elephans fit in?* Neurosci. Biobehav. Rev.: 32 (1): 86 – 98, (2008).

Harvey R.J.: *The extraction of features and disparities from images by a model based on the neurological organisation of the visual system.* Vision Res. 48: 1297 – 1306 (2008).

Heckers S, Konradi C.: *Hippocampal neurons in schizophrenia*. J Neural Transm 109:891-905 (2002).

Heisenberg W.: *Physics and Philosophy*. Happer, New York, (1958).

Holland JH: *Emergence: from chaos to order*. Oxford: Oxford University Press, (1998).

Horrobin DF: *Scizophrenia: the illness that made us human.* Med. Hypoteses, 50: 269 – 288, (1998).

Horrobin DF: *The madness of Adam and Eve: how schizophrenia shaped humanity*. Great Britain: Bantan Press, (2001).

Humphrey Nicholas: *Rosso*. Edizioni Indice (2007).

Iming T.G. and Brugge T.F.: *Sources and terminations of callosal axons related to bunaural and frequency maps in primari auditory cortex of the cat*. J. Comp. Neurol. 182: 637 – 660, (1978).

Johnson S.: *Emergence: the connected lives of ants, brains,cities and software.* Great Britain: The Penguin Press, (2001).

Kaas Jon H. and Collins Christine E.: *The organization of sensory cortex*. Current Opinion in Neurobiology, 11: 498 – 504 (2001).

Kalisman N. et all.: T*he neocortical microcircuit as tabula rasa.* Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 102: 880 – 885, (2005).

Kenichi Ohki a R. Clay Reid: *Specificity and randomness in the visual cortex.* Current opinion in Neurobiology: 17: 401 – 407 (2007).

Keri S, Antal A, Szekeres G, Benedek G, Janka Z.: *Spatiotemporal visual processing in schizophrenia.* J Neuropsychiatry Clin Neurosci 14(2):190-196 (2002).

Kevan AC Martin: *Microcircuits in visual cortex.* Current opinion in Neurobiology, 12: 418 – 425 (2002).

Koulakov AA, Chklovskii DB: *Orientation preference patterns in mammalian visual cortex: a wire length minimation problem*. Neuron, 29: 519 – 527, (2001).

Kriegerskorte N. et all.: *Matching categorical obiect representations in inferior temporal cortex of man and monkey*. Neuron, 60: 1126 – 1141, (2008).

Lake CR: *Disorders of thught are severe mood disorders: the selective attentino defect in mania challengers the Kraepelian Dichotomy – a review*. Schizophr. Bull., 34 (1): 109 – 117, (2008).

Lamme Victor A.F. et all.: *The role of primary visual cortex (V1) in visual awareness*, Vision Research, 40: 1507 – 1521 (2000).

Lin Z.: *Unconscious inference and conscious representation: why primary visual cortex (V1) is directly involved in visual awareness.* Behavioral and Brain Sciences, 31: 209 – 210, (2008).

Lin Z. and He S. S*eeing the invisibile: the scope and limits of unconscious processing in binoculate rivality.* Progress in Neurobiology, 87: 195 – 211, (2009).

Llewellyn Sue: *In two minds? Is schizophrenia a state "trapped" between waking and dreaming?* Medical Hypotheses, 73, 572-579 (2009).

Mamassian Pascal: *Ambiguities and conventions in the perception of visual art.* Vision Res. , 48: 2143 – 2153, (2008).

Mc Alonan K. Et all.: *Guarding the gateway to cortex with attentino in visual thalamus.* Nature, 456: 391 – 394 (2008).

Mustafi D. et all.: *Structure of cone photoreceptors.* Progress in Retinal and Eye Res. 28: 289 – 302, (2009).
Nakamura K. and Kubota K.: *The primate temporal pole: its putative role in object recognition and memory*. Behavioral Brain Res., 77: 53 – 77, (1996).
Narr K.L. et all.: *Abnormal gyral complexity in fist-episode schizophrenia*. Boil. Psychiatry. 55 (8): 859 – 867 (2004).
Narr L.K., Bilder R.M., Luders E., Thompson P.M., Woods R.P., Robinson D., Szeszko P.R., Dimtcheva T., Gurbani M., and Toga W. A. : *Asymmetries of cortical shape : effects of handednees, sex and schizofrenia*. NeuroImage, 34, 939 – 948 (2007).
Petty, G. W.: *Automated computation and consistency checking of physical dimensions and units in scientific programs.* . Software - Practice and Experience **31**: 1067-1076, (2001).
Poth C. et all.: *Neuron numbers in sensory cortices of five delphinids compared to a physeterid, the pygmysperm wale*. Brain Res. Boulletin, 66: 357 – 360, (2005).
Robins NM, Chen CAN, Soni SD, Deakin JFW.: *Abnormal frontal erps during verbal fluency in schizophrenia*. Schizophrenia Res 29(1):108 (1998).
Rosen GD.: *Cellular, morphometric, ontogenetic and connectional substrates of anatomical asymmetry*. Neurosci Biobehav Rev 4:607-615 (1996).
Saalmann Yuri B. and Kastner Sabine: *Gain control in the visual thalamus during perception and cognition*. Current Opinion in Neurobiology, 19: 408 – 414 (2009).
Sallet PC, Elkis H, Alves TM, Oliveira JR, Sassi E, Carpi de Castro C, Busatto GF, Gattaz WF.: *Rightward cerebral asymmetry in subtypes of schizophenia according to Leonhard's classification and to DSM-IV : a structural MRI study*. Psychiatry Res 123(1):65-79(2003).
Sandu Anca-Larisa, et all.: *Fractal dimension analysis of MR images revelas grey matter structure irregularities in schizophrenia.* ScienceDirect. Computerized Medical Imaging and Graphics, 32, 150 – 158 (2008).
Sincich LC, Blasdel GG: *Oriented axon projections in primary visual cortex fo the monkey*. J. Neurosi., 21: 4416 – 4426, (2001).
Shepheerd G.M. et all.: *Geometric and functional organization of cortical circuits.* Nat. Neurosi., 8: 782 – 790, (2005).
Smiley John F., Falchier A.: *Multisensory connections of monkey auditory cerebral cortex*. Hearing Research, 258: 37 – 46 (2009).
Snow JC et all.: *Impaired attentional selection following lesions to human pulvinar: evidence for homology between human and monkey*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 106: 4054 – 4059 (2009).
Stevens CF (2001): *An evolutionary scaling law for the primate visual system and its basis in cortical function*. Nature, 10: 193 – 195 (2001).
Sohya K., Kameyama K., et all.: *GABAergic neurons are less selective to stimulus orientation than excitatory neurons in layer II/III of visual cortex, as revealed by in vivo functional Ca2+ imaging in transgenic mice.* J. Neurosi., 27: 2145 – 2149 (2007).
Sullivan EV, Rosenbloom MJ, Desmond JE, Pfefferbaum A.: *Sex differences in corpus callosum size: relationship to age and intracranial size*. Neurobiol Aging 22(4):603-611, (2001).
Szycik G.R. et all.: A*udiovisual integration of speech is disturbed in chizophrenia: an MRI study*. Schizophrenia res., 110 (1 – 3): 111 – 118, (2009).
Tsuchiya N. and Koch C. *Continuous flash suppression reduces negative afterimages.* Nature neuroscience, 8: 1096 – 1101 (2005).
Van Essen David C. et all: *Mapping visual cortex in monkeys and humans using surface-based atlases.* Vision Research, 41: 1359 – 1378 (2001).
Van Hooser SD et all.: *Orientation selectivity wthout orientation maps in visual cortex of a highly visual mammal.* J. Neurosi., 25: 19 – 28 (2005).
Vilayanur S. Ramachandran & Eduard M. Hubbard: *Udire i colori, gustare le forme.* Le Scienze, numero 418, pagg. 95 – 101, (2003).
Wolf J., Burian Z.: *L'uomo della preistoria: l'origine e l'evoluzione del genere umano.* Fabbri-Milano (1978).
Woolsey T.A. et all.: *Mouse Sm1 cortex: qualitative and quantitative classification of golgi-impregnated barriel neurons.* Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., June; 72 (6): 2165 – 2169 (1975).
Woolsey TA, e Wan der Loos H,: *Fine structure of cortical barrels in the mouse*. **Australian Journal of Zoology,** 25(1) 1 – 7, (1970)

# Come pubblicare su Neuroscienze.net

**Neuroscienze** è una rivista on-line di informazione scientifica che tratta tematiche di Neuroscienze, Psicologia e Scienze Cognitive.

**Chi può collaborare?**
Se sei un medico, un neurologo, uno psichiatra, uno psicologo, o se hai conoscenze specifiche di neuroscienze, psicologia o scienze cognitive in genere, **Neuroscienze** ti offre la possibilità di collaborare inviando i tuoi lavori.

**Che percorso farà il tuo articolo?**
Gli articoli ricevuti verranno considerati per la pubblicazione dall'Editorial Board e successivamente inviati ai referee per la valutazione.

**Come devono essere gli articoli?**
Per poter essere pubblicato su **Neuroscienze**, il tuo lavoro deve rispettare le prescrizioni contenute nella pagina "**LINEE GUIDA PER GLI AUTORI**".

**Come inviare il tuo articolo?**
Per inviare il tuo articolo a **Neuroscienze** devi essere registrato al portale ed aver effettuato l'accesso con username e password forniti al momento dell'iscrizione. A quel punto potrai accedere direttamente alla zona riservata ed inserire autonomamente il tuo articolo.

# Linee Guida per gli Autori

Tutti i manoscritti sono soggetti a revisione redazionale. La presentazione di un articolo per la pubblicazione NON implica il trasferimento del diritto d'autore da parte dell'autore all'editore. Tutti i documenti sono pubblicati sotto Licenza Creative Commmons. E' responsabilià dell'autore ottenere il permesso di riprodurre immagini, tabelle, ecc da altre pubblicazioni.

**Requisiti**

**Titolo, Autore e sottottotitolo**: titolo, nome dell'autore e un sottotitolo sono necessari.

**Parole chiave (keywords):** per motivi di indicizzazione, un elenco di 3-10 parole chiave è essenziale.

**Abstract:** Ogni articolo deve essere accompagnato da un Abstract di un massimo di 10 righe.

**Note:** Evitare le note a piè di pagina. Quando necessario, numerarle consecutivamente e riportare le diciture appropriate a piè di pagina.

**Bibliografia:** nel testo segnalare i riferimenti degli autori (cognomi ed anno di pubblicazione) tra parentesi. L'elenco dei riferimenti deve essere in ordine alfabetico secondo il cognome del primo autore di ogni riferimento. Il cognome di ogni autore è seguito dalle iniziali del nome. Si prega di citare tutti gli autori: 'et al.' non è sufficiente. A questi devono seguire: l'anno tra parentesi, titolo, rivista, volume e numero delle pagine.

*Esempi:*

**Articoli pubblicati su Giornale**: Gillberg, C. (1990). Autism and pervasive developmental disorders. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 31, 99–119.

**Libri**: Atkinson, J. (2000). *The developing visual brain*. Oxford: Oxford University Press Oxford Psychology Series.

**Contributi a Libri**: Rojahn, J, e Sisson, L. A. (1990). Stereotyped behavior. In J. L. Matson (Ed.), *Handbook of behavior modification with the mentally retarded* (2nd ed.). New York: PlenumPress.

# Pubblica un Articolo

Dopo esserti registrato al portale, invia il tuo articolo dalla pagina:
http://www.neuroscienze.net/?page_id=1054